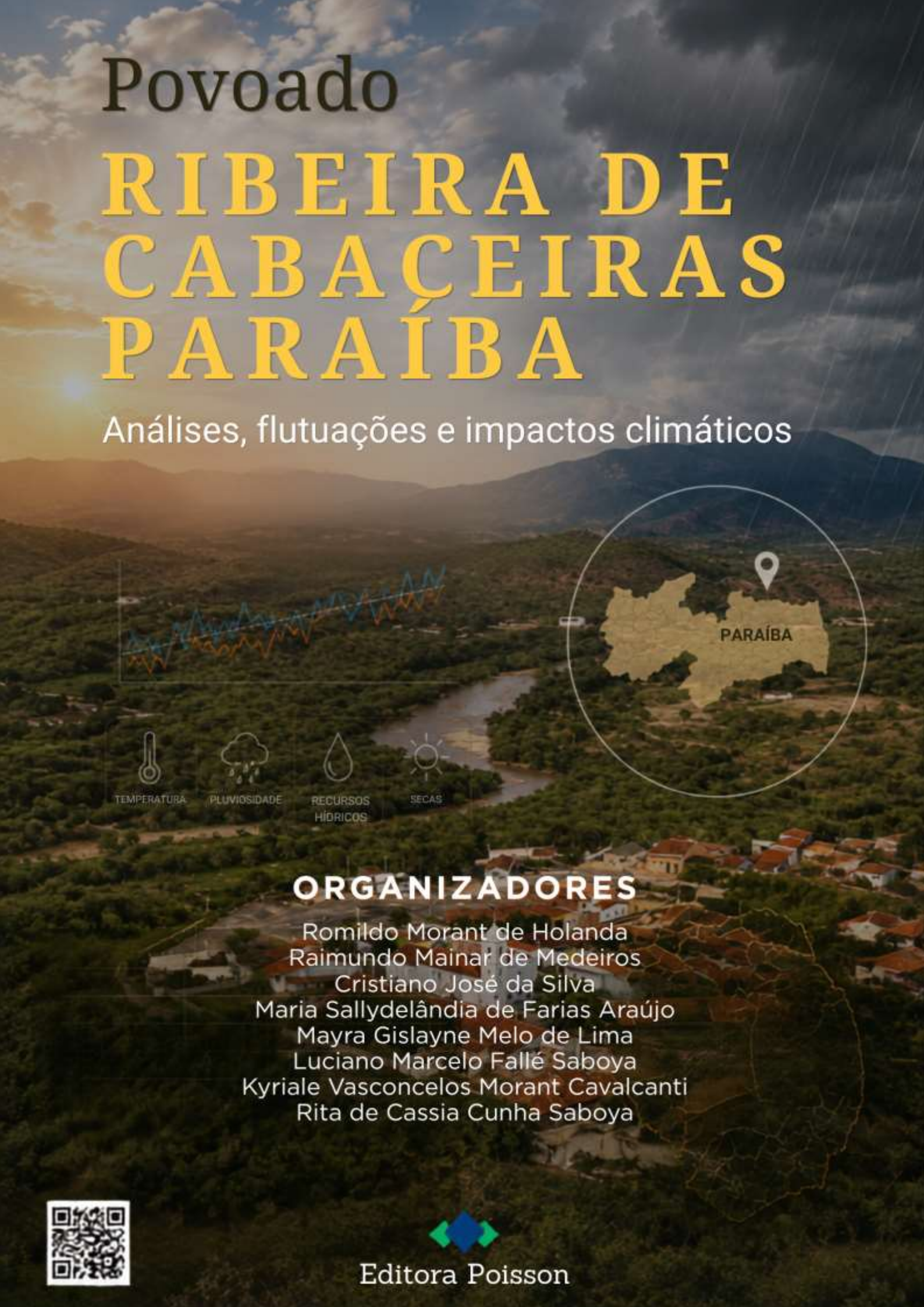
Povoado
RIBEIRA DE CABAÇEIRAS PARAÍBA

Análises, flutuações e impactos climáticos



ORGANIZADORES

Romildo Morant de Holanda
Raimundo Mainar de Medeiros
Cristiano José da Silva
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Mayra Gislayne Melo de Lima
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Rita de Cassia Cunha Saboya

Editora Poisson

Organizadores

Romildo Morant de Holanda
Raimundo Mainar de Medeiros
Cristiano José da Silva
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Mayra Gislayne Melo de Lima
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Rita de Cassia Cunha Saboya

Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba

Análises, flutuações e impactos climáticos

1ª Edição

Belo Horizonte

Editora Poisson

2026

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M282p
Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba: Análises, flutuações e impactos climáticos / Organização: Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Rita de Cassia Cunha Saboya, Cristiano José da Silva, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Mayra Gislayne Melo de Lima, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti – Belo Horizonte MG: Editora Poisson, 2026. 237 p.

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-702-5
DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Meio Ambiente 2. Impactos Climáticos. 1. MEDEIROS, Raimundo Mainar de 2. HOLANDA, Romildo Morant de 3. SABOYA, Luciano Marcelo Fallé 4. SABOYA, Rita de Cassia Cunha 5. SILVA, Cristiano José da 6. ARAÚJO, Maria Sallydelândia de Farias 7. LIMA, Mayra Gislayne Melo de 8. CAVALCANTI, Kyriale Vasconcelos Morant 9. Título

CDD-577

SÔNIA MÁRCIA SOARES DE MOURA – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

Organizadores

Romildo Morant de Holanda

Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP) e em Psicologia pelo Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU). É especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e em Gestão da Qualidade na Construção Civil pela Universidade de Pernambuco (UPE). Atualmente, é coordenador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PPEAMB/UFRPE) e professor das disciplinas Materiais de Construção, Construções Sustentáveis, Gestão da Qualidade, Gestão da Produção, Higiene e Segurança do Trabalho e Gerenciamento de Resíduos Industriais. Tem experiência nas áreas de garantia e controle de qualidade, redução de desperdício na indústria da construção, sistemas integrados de gestão, gestão e reaproveitamento de resíduos, reuso de água, planejamento físico-financeiro e orçamentário, além de custos ocultos. Seus campos de pesquisa incluem gerenciamento de resíduos industriais, gestão de recursos naturais, inovações tecnológicas, novos materiais, sustentabilidade, desperdício e eficácia de processos e sistemas. Líder do grupo de pesquisa CITAR – Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais (UFRPE), registrado no CNPq.

Raimundo Mainar de Medeiros

Pós-doutor e ex-pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco (2016–2018). Doutor em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2016), mestre em Meteorologia (1990) e graduado em Meteorologia (1985) pela Universidade Federal da Paraíba. Possui especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (2005) e em Ciências Ambientais (2003), ambas pela Universidade Federal do Piauí. Tem ampla experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia Dinâmica e Sinótica, atuando principalmente em temas como vapor d'água, água precipitável, divergência atmosférica, interpretação de imagens de satélite e previsão do tempo. No campo profissional, exerceu o cargo de Gerente de Hidrometeorologia (símbolo DAS-3) na Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí, de 6 de outubro de 2003 a 31 de dezembro de 2010. Prestou serviços à Secretaria do Desenvolvimento Rural – SDR, no Departamento de Hidrometeorologia, entre 1º de janeiro de 1995 e 31 de dezembro de 1999. Foi bolsista RHEA do CNPq no Departamento de Hidrometeorologia do Estado do Piauí entre 1990 e 1994. Possui experiência em instalação, manutenção e operação de Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), aplicação de regressão múltipla, preenchimento de falhas e consistência de dados meteorológicos. Realizou estudos climatológicos para diversas finalidades, incluindo: construção de pontes; barragens de pequeno, médio e grande porte; adutoras; floricultura; piscicultura; apicultura; carcinicultura; olericultura; hortaliças; contenção de dunas; urbanização; reflorestamento; produção agrícola; zoneamento e aptidão agrícola; instalação de postos de combustível; projetos de esgotamento sanitário; abastecimento; abatedouros; geração de biodiesel; aeródromos e elaboração de boletins agrometeorológico.

Cristiano José da Silva

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Técnico em Edificações pelo IFPE, Especialização em Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (UNYLEYA) e Especialização em Engenharia Geotécnica (UNIP), Mestrado em Engenharia Ambiental (UFRPE). 39 anos de experiência no serviço público e privado em construção civil (edificações, saneamento e infraestrutura), laudos técnicos (vistorias e inspeções prediais), PGRS, Projetos, Gerenciamentos e consultorias. Pesquisador do grupo Citar/UFRPE, Ex-Assessor técnico do CREAPE, Ex-Conselheiro da ABENC-PE e Ex-Presidente da ABES-PE (2021-2023).

Organizadores

Maria Sallydelândia de Farias Araújo

Engenheira Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1996), Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1999), Especialista em Gestão e Análise Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (2005) e Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2006). Atualmente é Professora Titular da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), lotada na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola. Vice- Coordenadora do Programa de Pós - Graduação de Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da UFCG. Professora colaboradora do Programa de Pós - Graduação em de Engenharia Agrícola da UFCG. Áreas de atuação: Monitoramento e Controle de Deterioração Ambiental com ênfase em Recuperação e Manejo de Áreas Degradadas e Reuso de Água.

Mayra Gislayne Melo de Lima

Engenheira Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Engenheira de Segurança do Trabalho pela Faculdade Iguaçu (2026). Mestre em Engenheira Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2017) e Doutora em Engenheira Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2022). Atualmente é Técnica de Laboratório - Área: Agrícola do Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem (LEID) da Universidade Federal de Campina Grande, no Campus I, em Campina Grande - PB.

Luciano Marcelo Fallé Saboya

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1987), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (1995) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014). Atualmente é professor nível superior da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Irrigação e Drenagem, atuando principalmente nos seguintes temas: irrigação, arroz, agricultura familiar, adubação e caupi.

Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Católica de Pernambuco (2015). Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Engenharia Química, atuando principalmente nos seguintes temas: oxidases, filamentous fungi, enzymes, electrons shuttles e biocélula combustível (bcc). Concluiu em dezembro de 2019 o mestrado, também em engenharia química, na Universidade de São Paulo (USP), na área de termodinâmica de separações de misturas.

Rita de Cassia Cunha Saboya

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado em Agronomia /Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará. Atualmente é pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, na Embrapa Algodão, atuando na área de Sitemas de Produção de Algodão, Amendoim, Gergelim . Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia, principalmente nos seguintes temas: sistema de produção, desenvolvimento rural, caupi, fruticultura (abacaxi, banana, maracujá) e produção de sementes.

Agradecimentos

A realização da coletânea de estudo, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba: análises, flutuações e impactos climáticos, sobre diversos aspectos meteorológicos e climatológicos, em especial para a região semiárida do Nordeste Brasileiro, onde as informações são escassa devido à ausência de dados e informações ao público, visando os setores agrícolas, pecuário, agronegócio, meio ambiente, recursos hídricos, armazenamento de água, abastecimento humano e turismo.

A tod@s, sincero agradecimento**, e em especial a Caxangá peças e equipamentos hospitalares, pela doação financeira para ajuda da publicação.**

Prefácio

O livro Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba: análises, flutuações e impactos climáticos, aborda as nuances das mudanças climáticas e suas consequências nas regiões semiáridas Paraibana e na região do cariri, detalhando as variabilidades, análises de dados históricos de precipitação, temperatura, aptidão climática, tendências e anomalias climáticas, entre tantas outras variáveis.

Os autores demonstram a relevância da climatologia aplicada para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes na gestão de recursos hídricos e na adaptação das atividades agrícolas.

Os capítulos exploram as influências dos sistemas atmosféricos regionais e locais, oferecendo uma compreensão detalhada de como as variações de temperatura e pluviosidade impactam diretamente a agricultura e o conforto ambiental da população. Ao longo da obra, são apresentados métodos analíticos, como a regressão linear e a aplicação do modelo de Penman-Monteith, demonstrando a aplicação, prática desses conhecimentos para a agricultura de precisão e sua sustentabilidade.

Este livro é um recurso valioso para acadêmicos, gestores públicos e profissionais das áreas de meteorologia, geografia e agronomia. Ele oferece uma base sólida para a implementação de políticas públicas e estratégias de manejo que promovam a resiliência e adaptação frente às mudanças climáticas, especialmente em regiões vulneráveis como o semiárido nordestino, nas tomadas de decisão.

A obra não apenas expande o conhecimento científico sobre o comportamento climático nessas áreas, mas também propõe soluções práticas, reforçando a importância de monitorar e entender as variações climáticas para um planejamento ambiental mais eficaz e sustentável.

Desejo aos leitores uma jornada enriquecedora por estas páginas, que trazem uma contribuição para o avanço das ciências ambientais no Brasil.

Romildo Morant de Holanda

Prof. Dr. da UFRPE

SUMÁRIO

Capítulo 1: Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba e sua flutuação nos índices de aridez.....12

Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Rita de Cassia Cunha Saboya, Cristiano José da Silva, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Mayra Gislayne Melo de Lima, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.01

Capítulo 2: Análises das chuvas erosivas (2010-2023) no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil 22

Raimundo Mainar de Medeiros, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Rita de Cassia Cunha Saboya, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Cristiano José da Silva, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morant de Holanda, Mayra Gislayne Melo de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.02

Capítulo 3: Cômputos erosivos de sete em sete anos e seu comparativo com a climatologia, pelo modelo de França (2021), para o povoado Ribeira de Cabaçeiras – Paraíba.....36

Raimundo Mainar de Medeiros, Rita de Cassia Cunha Saboya, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Cristiano José da Silva, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.03

Capítulo 4: Erosão quinquenal para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba – Brasil47

Rita de Cassia Cunha Saboya, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Cristiano José da Silva, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.04

Capítulo 5: Potencial erosivo em solos do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil.....58

Rita de Cassia Cunha Saboya, Cristiano José da Silva, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.05

Capítulo 6: Estimativa e classificação temporal erosiva empregando diferentes modelos de chuva no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil 73

Rita de Cassia Cunha Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Cristiano José da Silva,

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.06

SUMÁRIO

Capítulo 7: Suscetibilidade à erosividade e desertificação no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil entre 2010-2023 84

Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Cristiano José da Silva, Rita de Cassia Cunha Saboya

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.07

Capítulo 8: Balanços hídricos comparativo de sete em sete anos com a normal climatológica no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil 102

Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Cristiano José da Silva, Rita de Cassia Cunha Saboya, Romildo Morant de Holanda

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.08

Capítulo 9: Povoado Ribeira de Cabaceiras e suas flutuações do balanço hídrico em período de El Niño e La Niña visando às oscilações ero-sivas 113

Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Raimundo Mainar de Medeiros, Cristiano José da Silva, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Rita de Cassia Cunha Saboya, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.09

Capítulo 10: Variabilidades erosivas atráves do cômputo do balanço hídrico com diferentes capacidade de armazenamento de campo, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras 130

Cristiano José da Silva, Rita de Cassia Cunha Saboya, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Raimundo Mainar de Medeiros, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.10

Capítulo 11: Análises de variáveis climáticas e suas tendências temporais no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, entre 2010 a 2023; visando alusões para as mudanças climáticas locais 139

Cristiano José da Silva, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Rita de Cassia Cunha Saboya, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Raimundo Mainar de Medeiros

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.11

Capítulo 12: Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba e suas flutuabilidades nas tendências térmicas mínimas 152

Romildo Morant de Holanda, Cristiano José da Silva, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Cristiano José da Silva, Rita de Cassia Cunha Saboya

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.12

SUMÁRIO

Capítulo 13: Flutuações térmicas e pluviais médias mensais no período, 2010 a 2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil 167

Cristiano José da Silva, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Raimundo Mainar de Medeiros, Rita de Cassia Cunha Saboya, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.13

Capítulo 14: Oscilações pluviais e térmicas mínimas quinquenais no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba 175

Cristiano José da Silva, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Raimundo Mainar de Medeiros, Rita de Cassia Cunha Saboya, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.14

Capítulo 15: Flutuação da evapotranspiração quinquenal no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba 183

Cristiano José da Silva, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Mayra Gislayne Melo de Lima, Rita de Cassia Cunha Saboya, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.15

Capítulo 16: Analise pluvial mensal e anual do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023 192

Romildo Morant de Holanda, Cristiano José da Silva, Raimundo Mainar de Medeiros, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Rita de Cassia Cunha Saboya, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.16

Capítulo 17: Análise do índice de anomalia de chuva e extremos climáticos para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba 198

Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros, Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Rita de Cassia Cunha Saboya, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Cristiano José da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.17

Capítulo 18: Aptidão agroclimática do cultivo de feijão e milho para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil 207

Mayra Gislayne Melo de Lima, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Romildo Morant de Holanda, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Raimundo Mainar de Medeiros, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Cristiano José da Silva, Rita de Cassia Cunha Saboya

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.18

SUMÁRIO

Capítulo 19: Aptidão agroclimática do milho e sorgo para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil 217

Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Raimundo Mainar de Medeiros, Mayra Gislayne Melo de Lima, Luciano Marcelo Fallé Saboya, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Cristiano José da Silva, Rita de Cassia Cunha Saboya, Romildo Morant de Holanda

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.19

Capítulo 20: Povoado Ribeira de Cabaceiras e as flutuaçõesdos veranicos entre 2010 a 2023 229

Luciano Marcelo Fallé Saboya, Maria Sallydelândia de Farias Araújo, Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti, Cristiano José da Silva, Mayra Gislayne Melo de Lima, Rita de Cassia Cunha Saboya, Romildo Morant de Holanda, Raimundo Mainar de Medeiros

DOI: 10.36229/978-65-5866-702-5.CAP.20

Capítulo 1

Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba e Sua Flutuação Nos Índices de Aridez

Raimundo Mainar de Medeiros
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Rita de Cassia Cunha Saboya
Cristiano José da Silva
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Mayra Gislayne Melo de Lima
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti

Resumo: Objetiva-se análise os dados da série pluvial e dos índices de aridez através do método do balanço hídrico segundo a metodologia de Thornthwaite para a capacidade de campo de 100 mm no Povoado Ribeira de Cabaceiras, subsidiando o conhecimento das variações do índice de aridez e sua susceptibilidade a desertificação. Recife. Utilizaram-se dos cálculos do balanço hídrico, índice de aridez, classificação climática e nível de susceptibilidade, gerando-se o gráfico do índice e variabilidade de clima da área estudada. O índice de aridez calculado no balanço hídrico mostra ampla oscilação espacial interanual, entretanto os índices de aridez estão acima dos valores estabelecidos para a desertificação. Áreas identificadas com vulnerabilidade à desertificação, em razão do índice de aridez menor, podem não estar localizadas na área degradada, e áreas que apresentam maior índice de aridez e não são advertidas como processos de vulnerabilidade podem encontrar-se degradadas a ponto de serem consideradas áreas desertificadas. Esta variabilidade poderá ocorrer devido ao uso inadequado do solo e do ambiente.

Palavras-Chave: Chuva; Temperatura; Balanço hídrico; Classificação climática; Níveis de susceptibilidades.

INTRODUÇÃO

Na Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação aprovaram o emprego do índice de aridez (IA) como sendo a razão entre precipitação e evapotranspiração anual, para terras áridas a subúmidas secas , as quais possuem IA entre fluindo de 0,03 e 0,65, estas oscilações tem exceção para as regiões polares e subpolares, (Nicholson et al., 1998). Segundo ainda, a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação. diminuição no valor do IA significa possibilidade da tendência na desertificação das terras nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas e secas, resultante de vários elementos, entre as variações climáticas e as atividades humanas". Essa situação conduz a redução e destruição do potencial biótico das terras em conformidade com Beserra (2011).

Nas regiões suscetíveis a desertificação (regiões áridas, semiáridas e secas), o fator climático levando em conta suas variações espaciais e temporais, é determinante na degradação dos recursos naturais (água, vegetação, solos, etc.), impondo assim limitações ao manejo e a produtividade (Matos et al., 2015).

Das consequências que venham a ocorrer nas características do clima atual, as graves seriam a elevação nos índices de aridez e das áreas de desertificação devido o aumento da deficiência hídrica, além de eventos extremos que estariam associados prioritariamente, nas regiões que são áridas ou semiáridas, como o semiárido brasileiro (MMA, 2007).

É imaginável que as variações das mudanças climáticas, venham alterar as flutuações térmicas e pluviais, e que aumentem a variabilidade dos eventos pluviométricos, os quais poderão acarretar inundações e secas mais intensas e frequentes (Dufek et al., 2008). Estudos têm indicado que a frequência e a persistência das secas deverão ser uma das consequências do aquecimento global conforme afirmaram os autores Qian et al (2005). Visto que no nordeste brasileiro (NEB) as atividades agrícolas, na maioria das vezes são baseadas na precipitação. Se concretizadas essas previsões, principalmente os setores sociais e econômicos, o NEB sofrerá com essas resultantes.

Medeiros et al (2014) mostraram que os índices de erosividade das chuvas vêm sendo amplamente utilizado no Brasil, visto que, cada região a erosão varia de diferentes maneiras praticadas em espaços intra e/ou perímetros urbanos. A estimativa do índice da erosividade das chuvas define qual a melhor época para o planejamento das práticas de manejo e conservação do solo na área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto. Através da equação de Wischmeier et al, (1971) e Smith (1958, 1978), o fator erosividade ocorreram nos meses de novembro a abril com o período chuvoso e a capacidade de campo em valores máximos e nos meses de maio a outubro ocorreu os menores índices de erosividade que corresponde ao período seco.

Os índices de umidade, aridez e hídrico, servem de base para a classificação climática de Thornthwaite de acordo com Pereira et al. (2002), ou seja, com índices hídricos superiores a 100 mm, o clima será classificado como superúmido; superior a 20 mm e inferior a 100 mm é classificado como clima úmido; entre 0 mm e 20 mm tem-se o clima subúmido; oscilando entre 0 mm a -20 mm tem-se o clima subúmido seco; entre -20 mm e -40 mm classifica-se como clima semiárido e inferior a -40 mm como clima árido. Entre outras aplicações, estes índices são utilizados, também, em zoneamentos agro climatológicos de acordo com os autores Teixeira et al, (1994) e como indicadores do nível de água no solo.

Medeiros et al, (2015) avaliaram o balanço hídrico e a erosividade das chuvas em função do cenário de mudanças climáticas para o município de Cabaceiras–PB. Utilizaram da metodologia proposta pelo IPCC AR4. Para determinar o índice de Erosividade das Chuvas utilizaram-se da Equação Universal de Perdas de Solo. Os resultados demonstraram que o cenário otimista e cenário pessimista indicaram situações críticas das condições do solo que ocasionarão grandes perdas para os recursos hídricos e cultivos de sequeiro; os índices pluviométricos para o cenário pessimista não são suficientes para vários tipos de culturas. Cabaceiras enquadram-se como sendo um município de alta erosividade.

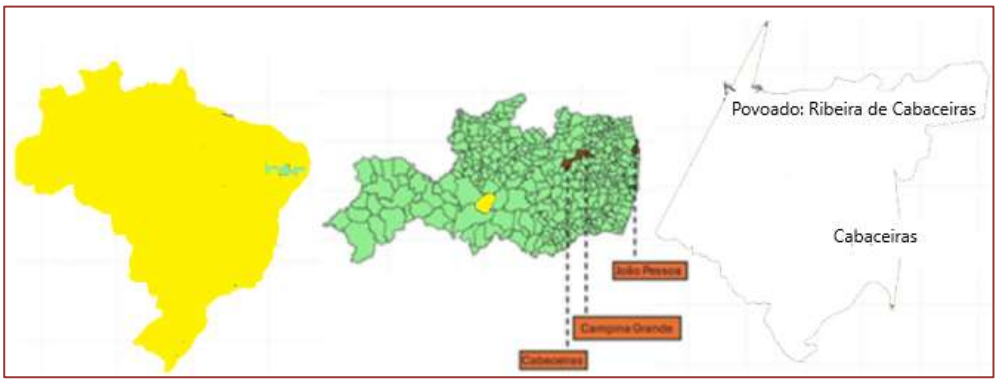
Medeiros (2014) demonstrou que a variação espacial das variáveis meteorológicas: deficiência hídrica, excedente hídrico e dos índices de Aridez, Umidade e Hídrico em função da capacidade de água disponível (CADs) nos níveis de 75, 100, 125 e 150 mm realizados pelo método do BHC proposto por Thornthwaite e Mather (1948, 1953) não são iguais no Estado do Piauí. Através dessa análise verificou-se que ocorreram pequenas oscilações nestas variáveis em função das CADs estudadas, comprovadas pela variabilidade espaço temporal dos índices pluviométrico juntamente com a alta oscilação da evapotranspiração potencial.

Objetiva-se análise os dados da série pluvial e dos índices de aridez através do método do balanço hídrico segundo a metodologia de Thornthwaite para a capacidade de campo de 100 mm no Povoado Ribeira de Cabaceiras, subsidiando o conhecimento das variações do índice de aridez e sua susceptibilidade a desertificação.

MATERIAL E METODO

A área estudada, localiza-se nas coordenadas geográficas de 7º43'S e 36º36'W, com 391 metros de altitude, (ESA 2025).

Figura 1. Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba.



Fonte: EASA (2026).

Utilizou-se da série mensais de precipitação compreendido entre 2010 – 2024, interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado referente aos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). Os dados térmicos foram estimado pelo programa estima – T, para o mesmo período da pluvial.

O modelo utilizado para determinar o balanço hídrico (BH) foi o proposto por Thornthwaite (1948); Thornthwaite (1955) e efetivado a sua estrutura de cálculo por planilhas eletrônicas (Medeiros 2016). O cálculo do BH foi realizado apenas com dados de pluvial e térmico médios mensais, aplicou-se a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, para realização do cômputo do BH.

CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ET_P)

A estimativa da evapotranspiração potencial (ET_P) utilizada na metodologia requer apenas dados de temperatura média mensal do ar e da insolação máxima expresso em mm/mês. Define-se a ETp da seguinte forma, conforme equação Thornthwaite (1948; 1953).

$$(ETp)j = Fj.Ej$$

Onde:

Ej representa a evapotranspiração potencial (mm/dia) não ajustada e resumida da seguinte forma:

$$Ej = 0{,}553$$

Em que:

Tj representa a temperatura média mensal do ar do mês (°C);

I é o índice anual de calor definido por:

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij$$

Sendo, o índice térmico de calor no mês dado por:

$$ij =$$

Por fim, o expoente “a” é uma função cúbica desse índice anual de calor, expresso da seguinte forma:

$$a = 6{,}75x10^{-7} - 7{,}71x10^{-5}I^2 + 1{,}79x10^{-2}I + 0{,}49$$

O fator de correção é definido em função do número de dias do mês Dj (em janeiro, Dj= 31; em fevereiro Dj=28; etc.) e da insolação máxima no dia 15 do mês J (Nj), considerado representativo da média desse mês, definido por:

$$Fj = \frac{Dj.Nj}{12}$$

Para o cálculo da insolação máxima do dia 15, utilizou-se a seguinte expressão:

$$Nj = \left(\frac{2}{15}\right)[arc.cos(-tag\emptyset.tag\delta)]$$

Onde:

Ø Latitude do local;

δ Declinação do Sol em graus, para o dia considerado; definido por:

$$\delta = 23{,}45^{0} sen[360\,(284 + d)/365]$$

Em que,

"d" é o número de ordem, no ano do dia considerado (dia Juliano).

A estimativa da evapotranspiração potencial só é válida para valor de temperatura média do ar do mês inferior a 26,5°C. Quando a temperatura média desse mês for igual ou superior a 26,5°C, Thornthwaite et al., (1948, 1953) assumiu que Ej independe do índice anual de calor e utiliza-se para sua estimativa uma tabela apropriada.

ÍNDICE DE ARIDEZ (I_A)

O índice de aridez foi calculado usando a fórmula sugerida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP – United Nation Environment Program, UNEP, 1992), que tem sido utilizado para classificação de terras susceptíveis aos processos de desertificação, cuja equação é dada por:

$$IA = \frac{\mathrm{Pr}}{ETP}$$

Onde:

Pr é a precipitação mm/ano e

ETp é evapotranspiração potencial (mm/ano).

O I_A foi calculado para o município em estudo com os dados de precipitação mensal e anual e os dados de temperatura média do ar, sendo calculada a ETP média mensal, pelo método do balanço hídrico climático em conformidade com Thornthwaite (1948,1953). Usou-se a planilha eletrônica desenvolvida por Medeiros (2016) para cálculo do balanço hídrico. A classificação climática de uma determinada localidade tem que estar de acordo com os valores do Ia demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação climática conforme valores do índice de aridez (Ia)

Tipos de Clima	Índice de aridez
Hiperárido (H)	IA ≤ 0,03
Árido (A)	0,03 < IA ≤ 0,2
Semiárido (SA)	0,2 < IA ≤ 0,5
Subúmido seco (SUS)	0,5 < IA ≤ 0,65
Subúmido (SU)	0,65 < IA ≤ 1,0
Úmido (U)	IA > 1,0

O grau da desertificação está associado à suscetibilidade de acordo com o índice Ia, acrescentado do rigor do período de estiagens, pressão demográfica e tipo de uso dos recursos naturais, e ainda o nível de desenvolvimento do país e qualidade de medidas preventivas (FAO, 2000). Conhecendo-se as séries históricas de precipitação e de temperatura média e do Ia, pode-se caracterizar a disponibilidade da água e o planejamento para o uso. É possível também destacar os períodos anuais que serão críticos, com perdas ou excedentes hídricos em conformidade com Souza et al. (2014).

Tabela 2. Classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com o auxílio do uso do Índice de Aridez, adaptada da metodologia de Matallo Júnior (2001).

Nível de susceptibilidade à desertificação	Índice de Aridez
Superior à moderada (SM)	IA>0,65
Moderada (M)	0,51 < IA < 0,65
Alta (AL)	0,21< IA < 0,50
Muito alta (MA)	0,05< IA < 0,20
Inferior a muito alta (IMA)	IA<0,05

RESULTADO E DISCUSSÃO

Tabela 3, período anos (2010-2024), índices de aridez, classificações climáticas e o nível de susceptibilidade para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba. Com o índices de aridez (Ia) realizou-se a classificação do nível de susceptibilidade à desertificação (NS), adaptado da classificação (Tabela 2) proposta por Matallo Júnior et al (2003).

Tabela 3. Representatividade anual; Índices de aridez (Ia); Classificação climática (CC); Nível de Susceptibilidade (NS) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

Ano	IA	NS	CC	Ano	IA	NS	CC	Ano	IA	NS	CC
2010	0,743	SU	SM	2015	0,700	SU	SM	2020	0,681	SU	SM
2011	0,723	SU	SM	2016	0,855	SU	SM	2021	0,746	SU	SM
2012	0,592	SUS	M	2017	0,884	SU	SM	2022	0,500	SUS	AL
2013	0,858	SU	SM	2018	0,840	SU	SM	2023	0,704	SU	SM
2014	0,785	SU	SM	2019	0,784	SU	SM	2024	0,731	SU	SM

Legenda: AL = Alta; M = Moderada; SM = Superior à moderada; SUS = Subúmido seco; SU = Subúmido.

Fonte: Medeiros (2026).

A Tabela 13 utilizou-se das informações contidas nas tabelas 1 e 2, para isto aplicou-se do cômputo do BHC para definir os índices de aridez e realizar suas classificações e seus níveis de susceptibilidades (Tabela 13). observa-se que na Classificação climática tem-se clima Subúmido com treze vezes de ocorrências; o clima Subúmido seco registrou-se em um ano, assim como o clima Semiárido. Estes resultados estão em conformidade com o estudo de França et al. (2015) e corroboram com os resultados discutidos.

Tabela - 1: Índices de aridez, anos, classificações climáticas e o nível de susceptibilidade anual para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba entre 2010 – 2024.

Ano	Ia	CC	NS	Ano	Ia	CC	NS	Ano	Ia	CC	NS
2010	0,7432	SU	SM	2015	0,6998	SU	SM	2020	0,6812	SU	SM
2011	0,7230	SU	SM	2016	0,8553	SU	SM	2021	0,7458	SU	SM
2012	0,5922	SUS	M	2017	0,8837	SU	SM	2022	0,5002	AS	M
2013	0,8578	SU	SM	2018	0,8405	SU	SM	2023	0,7045	SU	SM
2014	0,7848	SU	SM	2019	0,7840	SU	SM	2024	0,7311	SU	SM

Legenda: Ia – Índices aridez; CC = Classificação climática; NS = Nível de susceptibilidade; A = Árido; AS = Semiárido; SUS = Subúmido seco; SU = Subúmido; Al = Alta; MA = Muito alta; M = Moderada; SM = Superior à moderada.

Fonte: Medeiros (2026).

Analisando-se a tabela 13, tem-se registros para os quinze anos com dados referente as classificações climáticas: treze vezes o tipo subúmido, os tipos subúmido seco e semiárido registrou-se uma vez para cada ocorrências. Nos níveis de susceptibilidade, ocorreram as seguinte oscilações; treze vezes o tipo superior a moderado; uma vez para os tipos semiárido e moderado.

Segundo os autores (Marengo et al., 2007; Marengo et al., 2010; Marengo et al., 2011; Medeiros, 2020), essas variabilidades ou mudanças de classificações climáticas são decorrentes das oscilações meteorológicas atuantes na meso e microescala, seguidamente dos efeitos regionais e locais.

Almeida et al. (2015) aborda que a forma com que o solo é usado influencia muito nos processos erosivos, assim como, na organismo de estradas, desmatamento, criação e expansão de cidades, cultivo de terras e na pecuária. Quando esta última ocorre com grande quantidade de animais pisoteando o solo, resulta na mudança de sua configuração, compactando-o. São exemplos do uso e ocupação do solo que contribuem para a aceleração dos processos erosivos.

Na tabela 14 têm-se as classificações anuais da erosividade para o índice anual pluvial, com 10 anos classificados como de muito alta erosividade; 4 anos alta erosividade; 1 anos de alta erosividade;.

Tabela 2 – Anos, erosão anual e tipos de classes de erosão para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba entre 2010 – 2024.

Ano	Erosão Anual	Classe de Erosão	Ano	Erosão anual	Classe de erosão	Ano	Erosão anual	Classe de erosão
2010	24625,0	MAE	2015	24241,2	MAE	2020	11778,6	MAE
2011	56217,8	MAE	2016	19630,8	MAE	2021	11485,7	MAE
2012	24386,1	MAE	2017	9438,9	AE	2022	8034,0	AE
2013	75069,2	MAE	2018	8470,8	AE	2023	15245,5	MAA
2014	12383,4	MAE	2019	9055,2	AE	2024	35216,9	MAE

Legenda: MAE = Muito alta erosividade; BAE = Baixa/alta erosividade; AE = Alta erosividade; ME = Média erosividade.

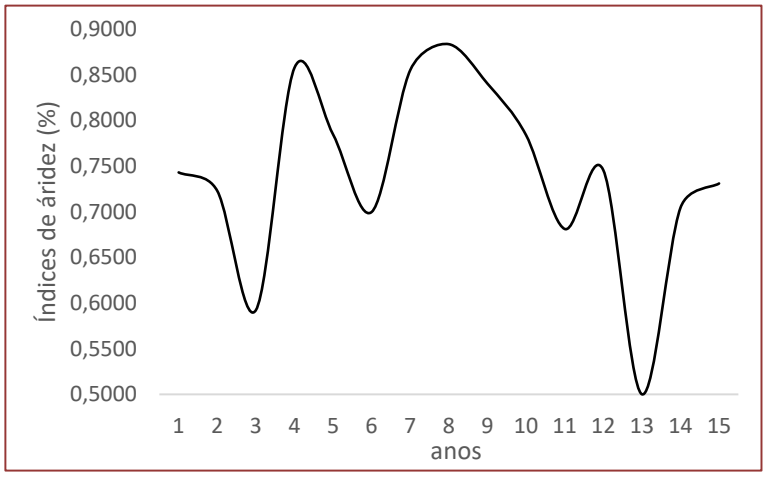
Fonte: Medeiros (2026).

O cálculo das erosividade pluviais requerem originalmente nos dados do ponto de interrupção (Wischmeier et al., 1978) e precipitação anual (Lo et al., 1985; Renard et al., (1994). Para estimar o fator R, Yin et al., (2015) aferiram a precisão dos modelos utilizados por diferentes resoluções de dados e expuseram que, a precisão dos modelos aumentou com a resolução temporal pluvial. Segundo os autores os dados diários de precipitação são adequados para estimar o fator R, ao passo que geralmente geram erros maiores para a estimativa do Índice EI_{30}. Estas afirmações corroboram os resultados apresentados neste estudo.

O Índice de Aridez (Ia) é uma ferramenta coadjuvante para gestão de riscos e incertezas (Feng et al., 2013), e contribui para o planejamento da garantia hídrica de um território (Marcos Junior et al., 2018). Este índice tem como premissa a razão entre os volumes precipitados anualmente numa determinada região e suas perdas para a atmosfera, estimadas através da evapotranspiração potencial anual, ao passo que, quanto maior for o déficit, maior será a sua aridez (Allen et al., 1998). Como mostrado a variabilidade do Ia na área estudada vem a contribuir com as afirmações dos autores acima.

Os menores valores dos índices de aridez foram registrados nos anos de 2012 e 2022. os maiores índices de aridez registrou-se nos demais anos estudados (figura 3). estudos de vários autores (Vilar et al., 2019; Silva et al., 2019) apresentam similaridades com os resultados aqui discutidos.

Figura 3 - Distribuições anuais dos índices de aridez do período de 2010-2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Diversos estudos mostraram que as regiões áridas e semiáridas são susceptíveis às mudanças climáticas, assim como às degradações ambientais provocadas por ações antrópicas, podendo inclusive intensificar seus níveis de aridez (Greve et al., 2017). Estas afirmações contribuem com os resultados discutidos e apresentados.

Registra-se dois tipos de níveis de Susceptibilidade, subúmido e subúmido seco. foram registrados, sendo dos tipos: alta (AL), superior à moderada, na classificação climática ocorre os climas: semiárido, árido, Subúmido e subúmido seco.

CONCLUSÃO

O índice de aridez calculado no balanço hídrico mostra ampla oscilação espacial interanual, entretanto os índices de aridez estão acima dos valores estabelecidos para a desertificação.

Áreas identificadas com vulnerabilidade à desertificação, em razão do índice de aridez menor, podem não estar localizadas na área degradada, e áreas que apresentam maior índice de aridez e não são advertidas como processos de vulnerabilidade podem encontrar-se degradadas a ponto de serem consideradas áreas desertificadas. Esta variabilidade poderá ocorrer devido ao uso inadequado do solo e do ambiente.

O estudado visou determinar com maior segurança os dados dos níveis de suscetibilidade e classificações climáticas com maior precisão para determinar a existência ou não de áreas com desertificação. Nesse sentido, quanto maior a precipitação, maior será o índice de aridez, e diante a desertificação, menor será a susceptibilidade.

A distribuição espacial da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com alta variabilidade anual, assim como a distribuição da temperatura anual fazendo predominar o clima semiárido na maioria dos anos estudados.

REFERÊNCIAS

[1] BESERRA, E.A. Projeções de Aridez no Nordeste do Brasil para o Século XXI em um Cenário de Aquecimento Global. 93f. Dissertação Mestrado (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). São José dos Campos-SP. 2011.

[2] DUFEK, A.S.; AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil.Theoretical and Applied Climatology, v. 93, p.167-178, 2008.

[3] FAO. Foad and agriculture organization of the United Nations. La erosion del suelo por el água: Algumas medidas para em las tierras de cultivo. Roma: Organization de Las Nacioes Unidas, 1967, p. 207.

[4] MATALLO JUNIOR, H.A desertificação no mundo e no Brasil. In: SCHENKEL, C.S. e MATALLO JR, H (Org). Desertificação. Brasília: UNESCO, 2003.

[5] MATALLO JÚNIOR, H. Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas. – Brasília: UNESCO, 2001.

[6] MEDEIROS, R.M.; MATOS, R.M.; SILVA, P.F.; SABOYA, L.M.F.; Cálculo do balanço hídrico e da erosividade para o município de Cabaceiras-PB. Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2894-2907. 2015

[7] MATOS, R.M.; MEDEIROS, R.M.; SILVA, P.F. Caracterização e aptidão climática de culturas para o município de Alhandra - PB, Brasil. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 9, p. 183-192, 2015.

[8] MEDEIROS, R.M. Elaboração de programa computacional em planilhas eletrônicas do Balanço hídrico. 2016.

[9] MEDEIROS, R.M. Estudo agrometeorológico para o Estado do Pernambuco. p.145. 2016. Edição Avulsa.

[10] MEDEIROS, R.M. Caracterização de mudanças climáticas por meio de séries meteorológicas para o município de Teresina/Piauí. Revista Pernambucana de Tecnologia. v.2, p.6 - 17, 2014.

[11] MEDEIROS, R.M.; GOMES FILHO, M.F.; COSTA NETO, F.A. Erosividade da chuva na área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto- PI, Brasil visando o desenvolvimento de manejos do solo. 9° congresso de educação agrícola superior Areia-PB - 27 a 30 de outubro de 2014 Nº ISSN / 0101-756X.

[12] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília: MMA, 2007.

[13] NICHOLSON, S.E.; TUCKER, C.J.; BA, M.B. Desertification, Drought, and Surface Vegetation: An Example from the West African Sahel. Bulletin of the American Meteorological Society, v.79, n.5, p.815-829, 1998.

[14] PEREIRA, A.P.A.; ANGELOCCI, L.R; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba – RS: Agropecuária, 478p. 2002.

[15] THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographic Review, 38, p.55-94. 1948.

[16] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.1955.

[17] WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, n.26, p.189-193, 1971.

[18] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions of the American Geophysical Union, Washington, v.39, n.2, p.285-291, 1958.

[19] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58p.

Capítulo 2

Análises das chuvas erosivas (2010-2023) no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

Raimundo Mainar de Medeiros
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Rita de Cassia Cunha Saboya
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Cristiano José da Silva
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Romildo Morant de Holanda
Mayra Gislayne Melo de Lima

Resumo: A erosão pluvial é a disposição que seus índices têm em deslocar fragmentos de solo, para tanto, analisar a erosividade das chuvas entre 2010 – 2023, averiguar os meses tendentes à erosão hídrica e validar a série pluvial e estimar os índices erosivos no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil. Os dados Pluviais mensais e anuais, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. Os Coeficientes das Chuvas foram empregados para conferir a acurácia dos índices erosivos pluviais, para o cálculo da erosividade empregou-se de modelos matemáticos. A tabulação em planilha eletrônicas, para organizar e trabalhar os dados e seus plotes erosivos, para tanto usou-se do pacote Microsoft Excel® 2019 e submetidos à análise de regressão. o modelo Morais et al. (1991), apresentou reduzido coeficiente de determinação (R2) 0,0845 aconselha-se a não aplicação deste modelo. Os modelos Rufino et al, (1993); Lombardi et al, (1992), registaram altos e intermediário R2, 0,819 e 0,325, portanto, o modelo Rufino et al, (1993), podem ser utilizar os dados pluviais, ao passo que o modelo Lombardi et al, (1992), devem ter-se cautela na sua aplicação. Os modelos Oliveira Júnior e Medina (1990); Val et al. (1986) e Leprun (1981), podem serem utilizados, o estudo de Medeiros et al, (2020), vem a corroborar com as discussões.

Palavras-chave: Erosão hídrica; Fator R; Dados pluviais; Coeficiente de chuva.

INTROUÇÃO

Segundo o (IPCC, 2021) a recorrência de desastres e a magnitude dos danos vem causando acréscimo em todo globo. Alguns desses eventos extremos estão associados às condições climáticas e meteorológicas que estão relacionadas às mudanças climáticas, conforme mostram as projeções globais

Segundo Auerswald et al, (2019) a erosividade pluvial é a disposição que as chuvas têm em deslocar fragmentos de solo, causando deslocamento por meio do escoamento. Para os autores Zhu et al., (2021), Estes fatores proporciona limites de elementos com alta resolução temporal , para tanto, diversos modelos matemáticos simples foram constituídos para realizar seus cálculos.

(Back et al., 2017; Back 2018) afirmaram que a utilização de exemplares matemáticos rotativos, que avaliam as flutuações erosivas pluviais mensais, para diversos lugares, é uma metodologia empregada para mensurar a erosividade anual e auxiliar nos desenvolvimentos de seus mapas.

Medeiros (2019) caracterizou o potencial erosivo pluvial trimestral do período seco e chuvoso, da erosividade total e anual no Estado do Piauí, utilizando das 15 microrregiões de coletas de dados pluviais, entre 1962-2016 por serem as séries de maiores índices pluviais distribuídos nas microrregiões. Na determinação do fator erosivo utilizou a equação sugerida por (Wischmeier et al, 1958; Wischmeier et al, 1971; Wischmeier et al, 1978). A krigagem como método estatístico leva em consideração a posição e a relação entre os dados. Deste modo o resultado encontrado condiz com a realidade de cada microrregião. Áreas agricultáveis nas microrregiões localizam-se ao longo de todo seu território, tendo suas regiões climáticas com diferentes potenciais erosivos. O conhecimento deste potencial será de enorme valor para a escolha do manejo do solo visando controlar o processo erosivo.

Para (Wang et al., 2024) as chuvas erosivas são normalmente empregada nos cálculos, para estimar as perdas de solo, diferenciando a prática da erosão por meio d6s índices pluviométricos, constituindo como o básico na recomendação do uso e manejo do solo apropriado. Tem-se diferentes padrões erosivos entre as quadras seca e chuvosa, pertinentes à amplitude e quantidade de chuva, corroborando com a importância deste fator, na mitigação das ocorrências da erosão (Ballagio et al., 2017).

Panagos et al. (2022) narram que as mudanças futuras climáticas se acercar ao influenciar no aumento das intensidades, quantidade e frequência dos acontecimentos pluviais, concebendo possível incremento nos processos erosivos.

Nas últimas décadas, diversos estudos erosivos foram proeminentes em desenvolvidos, para distintas regiões do Brasil e do Globo, Alagoas (Souza et al., 2022); Pernambuco (Medeiros 2022); Santa Catarina (Schick et al., 2014); Rio Grande do Sul (Hickmann et al., 2008); São Paulo (Lombardi Neto et al, 1992). Na Europa (Panagos et al., 2015); Na Índia (Dash et al., 2019), Estados Unidos (Takhellambam et al., 2023), entre outros. Essas consignações amoldar espaços vulneráveis à erosão, sugerindo aprendizados de preservações do solo (Riquetti et al. 2020), e alargar métodos de cálculo para mensurar a erosividade e suas tendências temporais, consentindo maior entendimento deste elemento (Yin et al., 2017).

A aplicação dos mais variados amostras matemáticas e de equações para estimativas da erosividade pluvial em diferentes locais, como no Estado de Alagoas, os trabalhos de Souza et al. (2020) estimando a erosividade das chuvas em mesorregiões

climáticas, Oliveira Júnior et al. (2021) avaliando a climatologia de chuvas em Maceió e Santos et al. (2020) trabalhando com dados pluviais para a área territorial de Água Branca, Medeiros (2019) no Piauí.

França et al, (2020a) realizar análise do índice erosivo pluvial na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, compreendidos entre 1962 a 2016. Obteve-se alta correlação do índice de erosividade com o coeficiente de chuva, utilizaram as equações obtidas para estimar o fator R de perda de solo. O fator "R" deve ser utilizado com segurança para as áreas de entorno da bacia hidrográfica do rio Ipojuca, com características climáticas semelhantes, ampliando a possiblidade de utilização deste fator no planejamento conservacionista da atividade agropecuária.

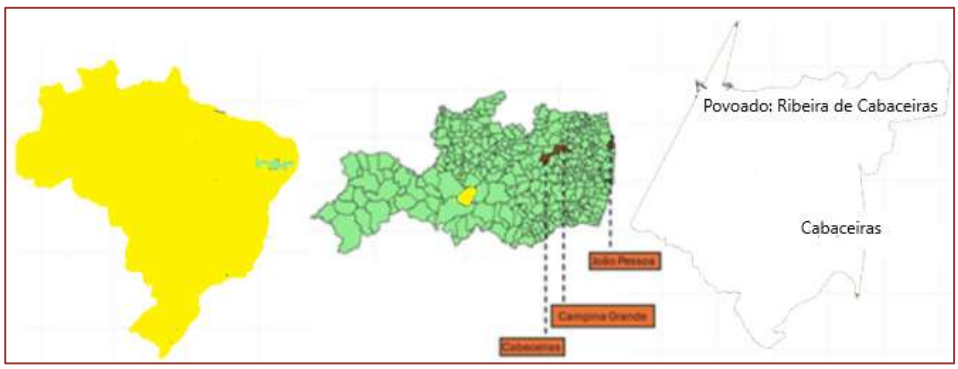
França et al, (2020b) estudaram a variabilidade geoespacionalizada gerando cartas do índice erosivo e da pluviometria mensal e anual levando em consideração a equação da perda do solo, tempo de retorno erosivo, probabilidade e classificação erosiva além do coeficiente pluvial da bacia hidrográfica do rio Paraíba entre 1962-2018. Mostraram que existe a necessidade do planejamento prévio de terrenos para implantação de pomares, de projetos agrícolas e frutíferos, para que não ocorra o deslocamento de terra, amparado no monitoramento das mudanças que ocorrem no solo, em regiões de encosta, considerando-se as curvas de níveis do terreno. As áreas agrícolas e seu entorno localizam-se ao longo de todo seu território, tendo suas regiões climáticas com diferentes potenciais erosivos. Logo, o conhecimento deste potencial será de enorme valor para escolha do manejo do solo, visando controlar o seu processo erosivo. A concretização deste estudo vem a contribuir para políticas de planejamento e gestão regional ou local, onde contribuirá como subsidio a novos desenvolvimentos de estudos.

Objetiva-se analisar a erosividade das chuvas entre 2010 – 2023, averiguar os meses tendentes à erosão hídrica e validar a série pluvial e estimar os índices erosivos no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil.

MATERIAL E MÉTODO

O Povoado em estudo (Figura 1) localiza-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, posicionado nas coordenadas de 7º43'S e 36º36'W e altitude de 391 metros, (AESA 2025).

Figura 1. Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Os dados Pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025).

Os Coeficiente de Chuva (Cc) foram empregados para avaliar-se da acurácia dos valores erosivos através da série pluvial. O Cc foi estimado pela equação 1, proposta por Fournier (1960).

$$Cc = p^2/P \qquad (1)$$

Em que:

Cc = coeficiente de chuva, (mm);

p = Chuva mensal, (mm);

P = Chuva anual, (mm);

Utilizou-se de modelos matemáticos para a realização da estimativa erosiva, permitindo medir este fator a partir da série de dados pluviais, os modelos estão disponibilizados na tabela 1, como a seguir:

Tabela 1 Formulações dos modelares matemáticos empregados para estimar a erosividade pluvial.

Ordem	Modelo	Autor(es)
1	R*x*=19,44+(4,20*Mx)	Rufino et al. (1993)
2	R*x*=68,73+(Mx*2P)0,841	Lombardi Neto e Moldenhauer (1992)
3	R*x*=36,849*(Mx*2P)1,0852	Morais et al. (1991)
4	R*x*= 139,4*$(Pm^2/Pa)^{0,6784}$	Oliveira Júnior et al, (2012)
5	R*x*=12,592* (Mx*2P)0,6030	Val et al. (1986)
6	R*x*=0,13*$(Mx)^{1,24}$	Leprun (1981)

Fonte: Medeiros (2026).

Em que:

Rx = fator R (MJ mm/ há h ano);

Mx = precipitação média mensal (mm); e

P = precipitação anual (mm).

Na Tabela 2 tem-se as variações da chuva erosiva e sua classificação, conforme as classes propostas por Carvalho (2008), disponíveis

Tabela 2 - Classes para caracterização da chuva erosiva.

Fator R (MJ mm/há h ano)	Classes
R≤ 2452	Fraca (F)
2452 < R ≤ 4905	Moderada (M)
4905 < R ≤ 7357	Moderada a Forte (MF)
7357 < R ≤ 9810	Forte (Fo)
R> 9810	Muito Forte (MFo)

Fonte: Carvalho (2008).

RESULTADO E DISCUSSÃO

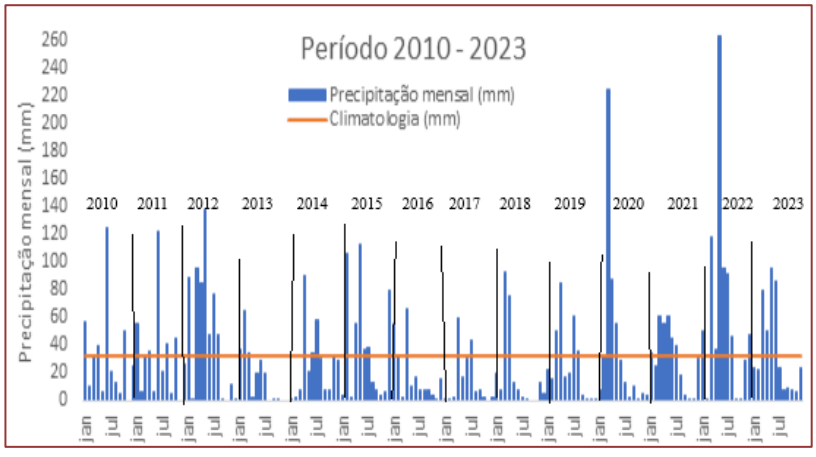
Segundo Meis et al, (1981) a analise pluvial no decorrer do tempo podem serem realizadas de diferentes maneiras, possibilitando o reconhecimento do seu comportamento geral e dos seus padrões habituais e extremos.

Na Figura 2, observam-se as representações pluviais mensais e anuais, a média climatológica do período de 2010 – 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceira, Paraíba. Com alta flutuações pluviais e má distribuída inter meses e ano, o que corresponde as características das regiões semiáridas brasileira, (Medeiros et al, 2024).

Destaca-se a atenção para o ano de 2020 que entre março e junho choveu 84,4% do valor anual pluvial (470,7 mm). O ano de 2022, choveu 83,7% do valor anual pluvial, vejam também que os anos 2021 e 2023, registram valores bem acima dos esperados, estes valores foram ocasionados pelos movimentos verticais ascendentes, formação de nuvens superiores a 0,9 décimos, troca de calor, atividade da Zona de Convergência Intertropical e as contribuições locais e regionais que detectaram vapor e umidade sobre a região estudada.

Os demais anos as distribuições pluviais ocasionaram, períodos de baixa precipitação, eventos extremos, como secas prolongadas e chuvas intensas, foram influenciados por fenômenos climáticos globais, marcada tanto por anos excepcionalmente úmidos quanto por períodos de seca. O estudo Medeiros et al, (2024), corrobora com as discussões,

Figura 2 – Representações pluviais mensais, e a média climatológica do período de 2010 – 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceira, Paraíba.



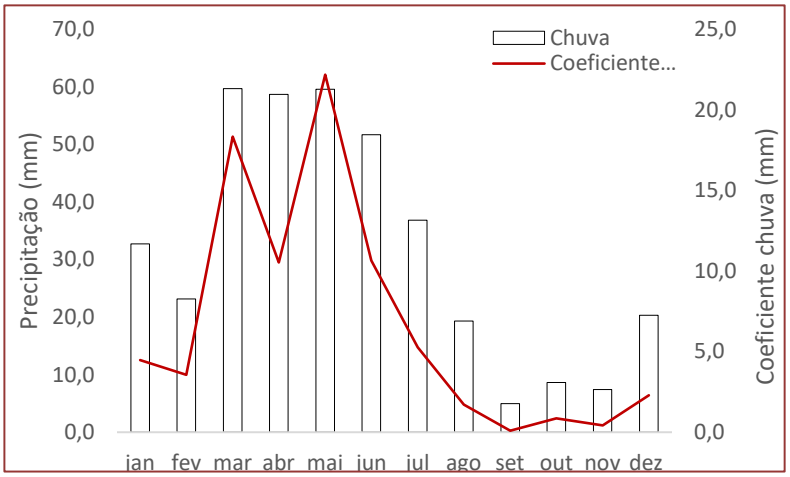
Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações da precipitação e do coeficiente de chuva mensais estão organizados na Figura 3. As maiores ocorrências de chuvas ocorre de março a julho, representando 69,47% da média anual. Os meses de menores registros pluviais centraram de setembro (4,9 mm) e novembro (7,4 mm), representando 1,27% e 1,93% dos valores anuais.

Resultados similares obtidos nos estudos de Silva et al. (2022) para a sub-bacia do Alto Paraíba, (PB), mostra que de março a julho registraram os maiores índices pluviais, os menores valores ocorreram entre setembro e dezembro.

Similaridade entre o coeficiente de chuva e os índices pluviais mensais (Figura 3), foram observado em outros estudos sobre os índices de erosividade, para Água Branca - Alagoas (Santos et al., 2020) em Castanhal - Para (Albuquerque et al., 2021), refletindo que, independentemente da região, há uma dependência deste coeficiente com as chuvas ocorridas.

Figura 3 - Precipitação e coeficiente de chuva mensais entre 2010 - 2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Na tabela 3, tem-se os valores médios mensais e anuais da precipitação (P mm) e coeficiente de chuva (Cc mm), para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, no período de 2010 – 2023. Observa-se que os maiores índices pluviais se registrou de dezembro a julho, e os menores de setembro a novembro. Para o coeficiente da chuva, os maiores índices foram observados de março a junho. Os valores máximos pluvial e do coeficiente de chuva foram de 59,5 mm e 22,2 mm, respectivamente. Já os valores mínimos foram de 4,9 mm para precipitação 0,1 mm para coeficiente da chuva. As oscilações dos erros para precipitação e coeficiente de chuva foram de 12,5 mm e 0,7 mm, respectivamente. Resultados similares nos índices pluviais e no coeficiente de chuva foram deparadas por Lopes et al. (2013), para municípios do Estado do Pará.

Tabela 3 Valores médios mensais e anuais da precipitação (P mm) e coeficiente de chuva (Cc mm), para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, no período de 2010 – 2023.

Totais mensais e anuais		
Meses	P(mm)	Cc(mm)
Janeiro	30,8	4,5
Fevereiro	23,2	3,6
Março	59,7	18,3
Abril	58,7	10,5
Maio	59,5	22,2
Junho	51,7	10,7
Julho	36,8	5,3
Agosto	19,3	1,7
setembro	4,9	0,1
Outubro	8,6	0,9
Novembro	7,4	0,4
Dezembro	20,3	2,3
Anual	382,9	448,3

Fonte: Medeiros (2026).

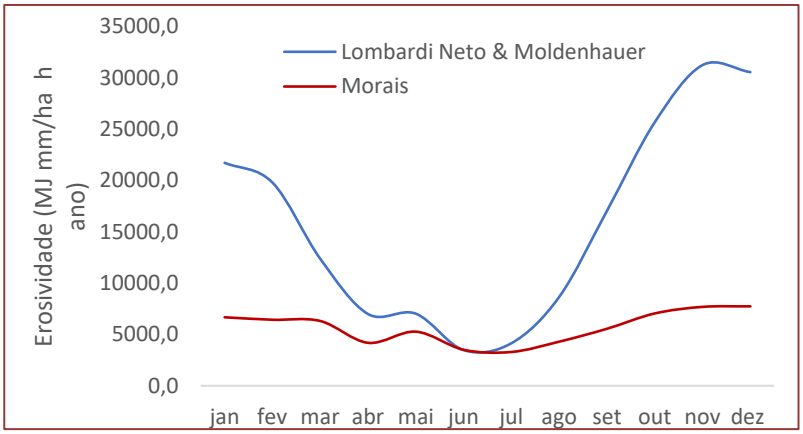
Os modelos Lombardi Neto et al, (1992) e Morais et al. (1991), representados na Figura 4, registraram as maiores flutuações erosivas do estudo. No modelo Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), o valor erosivo anual foi de 2020796,4 MJ mm/há h ano, caracterizada como erosividade muito forte, e suas flutuações mensais oscilando de 31246,4 MJ mm/há h ano em novembro a 3477,3 MJ mm/há h ano. Salienta-se que a ação do volume pluvial no acréscimo da erosividade, lembra a importância de usar práticas de manejo de solo em épocas de chuvas altivas.

No modelo Morais et al. (1991) as flutuações erosivas mensais oscilaram de 7737,9 MJ mm/há h ano (dezembro) a 3292,0 MJ mm/há h ano (julho), com valor anual de 7528,5 MJ mm/há h ano, sendo classificado como erosividade muito forte. Nos modelos discutidos, os meses com os maiores índices erosivos foram setembro a março, ocasionados pelos efeitos regional e local.

Silva et al. (2020) em seus estudo sobre a variabilidade erosiva da bacia hidrográfica do Rio Apodi em Mossoró, no Rio Grande do Norte, destacaram que os elevados índices erosivos se registram nos meses com as maiores variabilidade pluvial.

Para os autores Alqadhi et al, (2023); Sil et al, (2023) é de fundamental eficaz avaliar a perda regional de solo para compreender e entender a expansão da erosão e seus impactos. A implementações de práticas eficazes de manejo do solo devem ser usadas com base em exames detalhados de dados primários específicos da área para lidar com a erosão acelerada do solo

Figura 4 - Erosividade das chuvas obtida pelos modelos Lombardi Neto et al, ((1992) e Morais (1991), no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



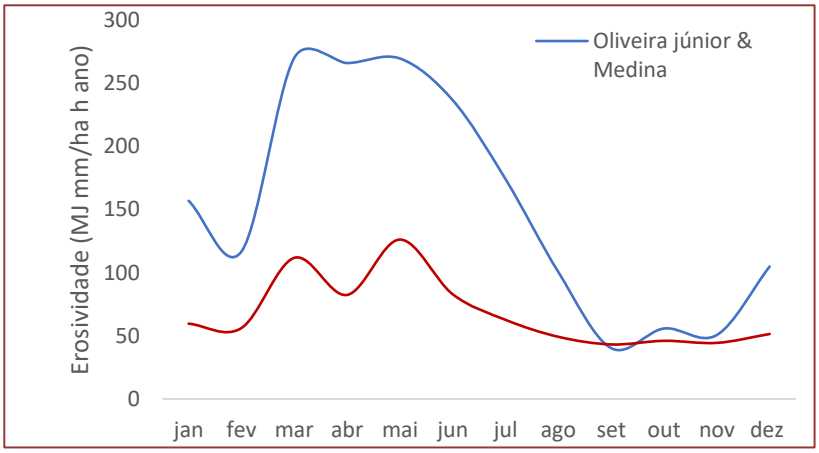
Fonte: Medeiros (2026).

Na figura 5, observa-se as flutuações da erosividade das chuvas estimadas pelos modelos matemático de Oliveira júnior et al, (2012); Rufino (1993), no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010 – 2023.

O modelo matemático de Oliveira júnior et al, (2012), registrou valor erosivo anual de 1728,2 MJ mm/há h ano, os valores erosivos mensais fluiram de 126,1 MJ mm/há h ano (maio) a 43,1 MJ mm/há h ano (setembro). No modelo matemático de Rufino (1993), as flutuações erosivas oscilaram de 270,0 MJ mm/há h ano (março) a 40,2 MJ mm/há h ano (setembro), com total anual de 1627,4 MJ mm/há h ano. Os meses menos tendentes aos processos erosivos foram setembro a novembro.

Martins et al. (2020); Medeiros (2019) ao avaliarem o comportamento do potencial erosivo pluvial nos estados do Maranhão, Piauí e Pará, detectaram similaridades dos índices erosivos muito forte para as estações analisadas

Figura 5 - Erosividade das chuvas obtida pelos modelos Oliveira júnior & Medina (1990) e Rufino (1993), no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



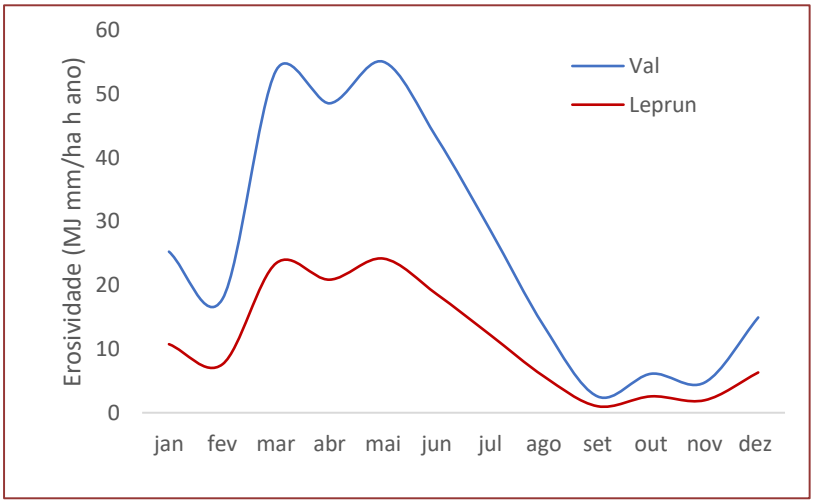
Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 6, destaca-se os modelos matemático erosivos de Val (1986) A erosividade anual de 463,8 MJ mm/há h ano, com maior índice erosivo no mês de março totalizando 53,7 MJ mm/há h ano, e o menor com 2,5 MJ mm/há h ano em setembro.

No modelo Leprun (1981), estimou-se um total de 212,4 MJ mm/há h ano, com oscilações fluindo de 23,4 MJ mm/há h ano em março a 1,0 MJ mm/há h ano em setembro.

As oscilações dos maiores e menores índices pluviais de máxima e mínima, refletem nas intensidades erosivas em arrastar sedimentos, aos cursos da água. Para Silva Neto et al. (2022) ao estudarem a bacia hidrográfica do Rio Manuel Alves da Natividade (TO), notaram que os meses de menores índices pluviais, foram também os de menores erosividade, colaborando com os resultados obtidos para a área estudada.

Figura 6 - Erosividade das chuvas obtida pelos modelos Val (1986) e Leprun (1981), no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Na tabela 4 tem-se os resumos das menores e maiores erosividade registradas nos modelos em estudos. O modelo Rufino registrou os maiores índices erosivos de janeiro a julho e os menores de setembro a dezembro. Lombardi apresentou os meses de setembro a março como os maiores e de abril a julho como os menores. Nos modelos Morais e Oliveira os meses de agosto a fevereiro como os maiores e de março a julho como os menores. Nos modelos Val e Leprun registrou-se os meses de 1aneiro, fevereiro e julho com valores erosivos intermediário, março a julho com maiores índices erosivos, e de agosto a dezembro menores índices erosivos.

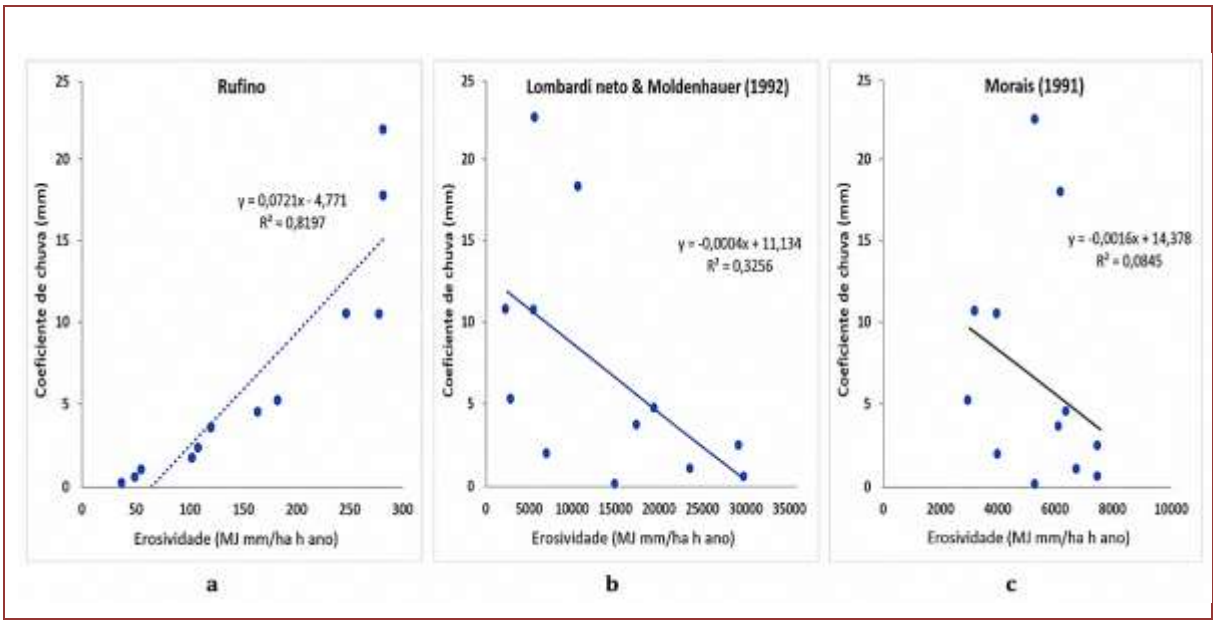
Tabela 4 – Representação dos memores e maiores meses com erosividade segundo os modelos.

Autores/meses	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	Jul	ago	set	out	nov	dez
Rufino et al	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	ME	ME	ME	ME	ME
Lombardi Neto/ Moldenhauer	MA	MA	MA	ME	ME	ME	ME	ME	MA	MA	MA	MA
Morais et al.	MA	MA	ME	ME	ME	ME	ME	MA	MA	MA	MA	MA
Oliveira Júnior et al	MA	MA	ME	ME	ME	ME	ME	MA	MA	MA	MA	MA
Val et al.	IN	IN	MA	MA	MA	MA	IN	ME	ME	ME	ME	ME
Leprun	IN	IN	MA	MA	MA	MA	IN	ME	ME	ME	ME	ME

Legenda: IN = intermediário; ME = menores índices erosivos; MA = maiores índices erosivos.
Fonte: Medeiros (2026).

Nas figuras 7, observam-se as curvas de regressões entre o coeficiente de chuva (mm) versus erosividade M(J mm/há h ano) obtido pelo modelo matemático Rufino et al, (1993) (a); Lombardi et al, (1992) (b) e Morais et al. (1991) (c). Observam-se que o modelo Morais et al. (1991) (c), apresentou reduzido (R^2), coeficiente de determinação 0,0845 aconselha-se a não aplicação deste modelo. Os modelos Rufino et al, (1993) (a); Lombardi et al, (1992) (b), registaram altos e intermediário R^2, 0,819 e 0,325, respectivamente, portanto, o modelo Rufino et al, (1993) confirmam que os índices de erosividade podem ser estimados utilizando os dados pluviais, ao passo que o modelo Lombardi et al, (1992), devem ter-se cautela na sua aplicação, o estudo de Medeiros et al, (2020), vem a corroborar com os resultados,

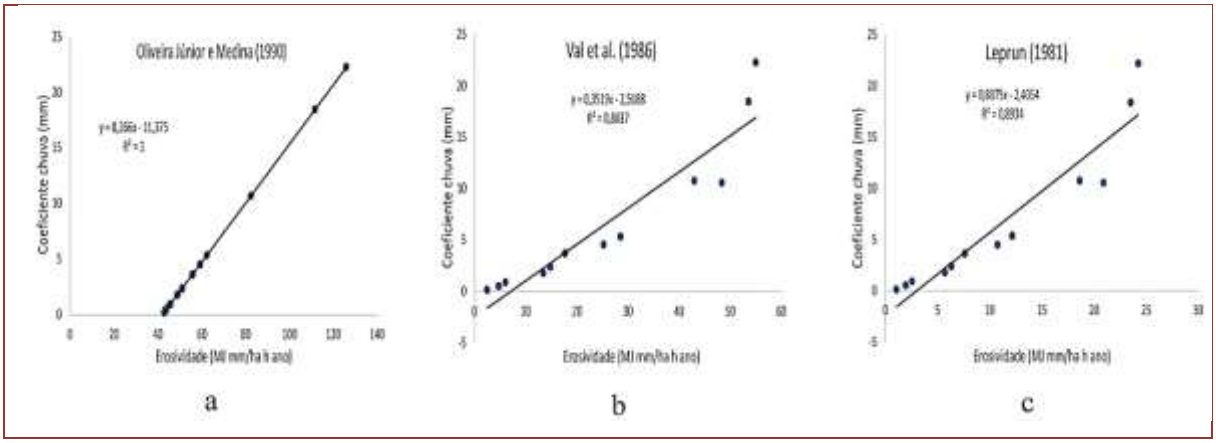
Figura 7 - Regressões entre o coeficiente de chuva e os índices de erosividade obtido pelo modelo Rufino et al, (1993) (a); Lombardi Neto & Moldenhaurer (1992) (b) e Morais et al. (1991) (c) entre 2010-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

As regressões entre o coeficiente de chuva e os índices de erosividade obtidos pelos modelos Oliveira Júnior e Medina (1990) (a); Val et al. (1986) (b) e Leprun (1981), Figura 8, entre 2010-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. O modelo de Oliveira júnior et al, (2012), teve um R^2 igual a 1; os modelos Val et al. (1986) (b) e Leprun (1981), seus coeficientes de determinações foram 0,883 e 0,893, respectivamente, os dados pluviométricos utilizados nesse estudo podem ser empregados para determinar os índices de Erosividade

Figura 8 - Regressões entre o coeficiente de chuva e os índices de erosividade obtidos pelos modelos Oliveira júnior et al, (2012) (a); Val et al. (1986) (b) e Leprun (1981), entre 2010-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

Os índices pluviais são superiores ao do coeficiente de chuva, referente aos meses de dezembro a julho, para as respectivas séries históricas.

O valor do fator R (coeficiente de determinação) para os modelos matemáticos de Rufino et al. (1993) foi de 0,819; Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) 0,325; Morais et al. (1991) 0,0845; Oliveira júnior et al, (2012)1; Val et al. (1986) 0,883 e Leprun (1981) 0,893.

O modelo Morais et al. (1991), apresentou reduzido coeficiente de determinação (R^2) 0,0845 aconselha-se a não aplicação deste modelo. Os modelos Rufino et al, (1993); Lombardi et al, (1992), registaram altos e intermediário R^2, 0,819 e 0,325, portanto, o modelo Rufino et al, (1993), podem ser utilizar os dados pluviais, ao passo que o modelo Lombardi et al, (1992), devem ter-se cautela na sua aplicação. Os modelos Oliveira júnior et al, (2012); Val et al. (1986) e Leprun (1981), podem serem utilizados, o estudo de Medeiros et al, (2020), vem a corroborar com as discussões.

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2026). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

[2] ALQADHI, S. et al. (2023), Uma avaliação baseada em inteligência artificial dos índices de probabilidade de erosão do solo e fatores contribuintes na bacia hidrográfica de Abha-Khamis, Arábia Saudita, Ecol. Evol. (2023).

[3] AUERSWALD, K. et al. Rain erosivity map for Germany derived from contiguous radar rain data. Hydrology and Earth System Sciences, v.23, n.4, p.1819-1832, 2019. https://doi.org/10.5194/hess-23-1819-2019.

[4] BACK, Á. J. Erosividade da chuva para a região do Planalto Serrano de Santa Catarina, Brasil. Revista de Ciências Agrárias, v. 41, n. 2, p. 298-308, 2018.

[5] BACK, Á. J.; POLETO, C. Avaliação do potencial erosivo das chuvas de Florianópolis-SC. Revista Brasileira de Climatologia, v. 21, 2017. https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0.49018

[6] BALLABIO, C. et al. Mapping monthly rainfall erosivity in Europe. Science of the Total Environment, v. 579, p. 1298-1315, 2017. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.123

[7] CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. 2ª ed. Editora Interciência, 599p, 2008.

[8] CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M. V.; LAGES, M. G. M. O.; HOLAND, R. M.; MEDEIROS, R. M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ª Edição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6.

[9] DASH, CH. J.; DAS, N. K.; ADHIKARY, P. P. Rainfall erosivity and erosivity density in Eastern Ghats Highland of east India. Natural Hazards, v. 97, p. 727-746, 2019.

[10] FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO, W. R. (2020a). Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE – Brasil. Research, Society and Development, *9*(7):1-19. ISSN 2525-3409. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.XX.

[11] FRANCA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO, W. R. (2020b). Isolinha erosiva máxima pelo método da krigagem na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Brasil. Research, Society and Development. v.9, p.1 – 29. ISSN 2525-3409. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd

[12] FOURNIER, F. Climat et erosion. Paris, Press Universitairies de France, 201p. 1960. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3376435p/f18.item.texteImage.

[13] HICKMANN, C. et al. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.825-831, 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200036

[14] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2021.

[15] LEPRUN, J. C. A erosão, a conservação eo manejo do solo no Nordeste Brasileiro: balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas. Ministério do Interior, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, Departamento de Recursos Naturais, Divisão de Recursos Renováveis, 1981.

[16] LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Bragantia, v. 51, p. 189-196, 1992.

[17] LOPES, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; MARTINS, I. C. T.; SILVA, A. D.; OLIVEIRA, D.R.; GALLO, J.; TANABE, C. S.; REIS, E.P. dos. Índice de erosividade das chuvas nos municípios de Belterra, Monte Alegre e Itaituba, no Estado do Pará. Espaço Científico Santarém, v.14, n.2, p.59-71, 2013.

[18] MEDEIROS, R. M. (2019). Isolinhas erosivas do Estado do Piauí. Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 12, n. 1, jun. 2019. ISSN 1981-4089.

[19] MEDEIROS, R. M.; FRANÇA, M.V.; HOLANDA, R.M.; CUNHA FILHO, M.; Variabilidade pluvial e suas classificações no Povoado Ribeira de Cabaceiras/ Paraíba entre 2010-2023, Brasil. 1ª Edição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. 2024. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6.

[20] MEDEIROS, R, M,; FRANÇA, M,. V.; SABOYA, L.M.F.; CUNHA FILHO, M.; HOLANDA, R.M.; WAGNER, R,A. Comparativo da erosividade pluvial no período 1980-2017 com o ano 2017 em Cabo de Santo Agostinho - PE, Brasil. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218. v.3, p.e311016, 2022.

[21] MEIS, M. R M.; COELHO NETTO, A.L.; OLIVEIRA, P.T.T.M. Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do rio Paraíba do Sul: o caso de Resende. Revista de Hidrologia e Recursos Hídricos, V.3, 1981.

[22] MORAIS, L.F.B. et al. Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 15, n. 3, p. 339-344, 1991.

[23] OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; SOUZA, P. H. A.; SOUZA, E. O.; VANDERLEI, M. H. G. S.; CORREIA F.; WASHINGTON L. F.; SANTOS, C. T. B.; BATISTA, B. A.; SANTIAGO, D. B.; GOIS, G. Climatologia da chuva em Maceió: aspectos climáticos e ambientais. Revista Brasileira de Geografia Física, v.14, n.4, p.2253-2264, 2021. DOI: https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p2253-2264

[24] OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; MEDINA, B. F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 14, p. 235-239, 1990. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Raimundo-Oliveira-Junior-2/publication/292320007_A_erosividade_das_chuvas_em_Manaus_AM/links/5731eb1708ae298602da2b04/A-erosividade-das-chuvas-em-Manaus-AM.pdf.

[25] PANAGOS, P.; et al. Global rainfall erosivity projections for 2050 and 2070. Journal of Hydrology, v. 610, p. 127865, 2022. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127865.

[26] PANAGOS, P.; et al. Rainfall erosivity in Europe. Science of the Total Environment, v. 511, p. 801-814, 2015. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008

[27] RIQUETTI, N. B.; et al. Rainfall erosivity in South America: Current patterns and future perspectives. Science of the Total Environment, v. 724, p. 138315, 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138315

[28] RUFINO, R. L.; BISCAIA, RC. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. Revista brasileira de Ciência do Solo, v. 17, n. 3, p. 439-444, 1993.

[29] SCHICK, J.; et al. Erosividade das chuvas en Lages, Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa. Vol. 38, n. 6 (nov./dez. 2014), p. 1890-1905, 2014.

[30] SANTOS, C. G.; SILVA, J.; SANTOS, V. R.; SANTOS, I. G. O.; SANTOS, S. B. T.; ROCHA, J. J. L.; SANTOS, M. A. L. Aplicação de modelos matemáticos para estimativa do índice de erosividade das chuvas em Água Branca – AL. Brazilian Journal of Development, v.6, n.1, p.89947-89964, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n11-418.

[31] SOUZA, E. O.; COSTA, M. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; MARIANO, G. L.; COSTA, C. E. S.; CORREIA FILHO, W. L. F.; SANTIAGO, D. B. Estimativa e espacialização da erosividade em mesorregiões climáticas no estado de Alagoas. Revista Brasileira de Meteorologia, v.35, p.769-783, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/0102-77863550005

[32] SOUZA, L. S.; et al. Modelagem Espacial de Chuvas Intensas no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Meteorologia, v.37, p.373-383, 2022

[33] TAKHELLAMBAM, B. S.; et al. Projected mid-century rainfall erosivity under climate change over the southeastern United States. Science of the Total Environment, v. 865, p. 161119, 2023. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161119VAL, L. A. et al. Erosividade das chuvas em Lavras-MG. Ciência e Prática, v. 10, p. 199-209, 1986.

[34] WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. (1971). A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, n.26, p.189-193.

[35] WISCHMEIER, WH, SMITH, DD, (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 58p.

[36] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D, (1965). Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geophys. Union, 39:285-291. 19.

[37] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. (1958). Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions of the American Geophysical Union, Washington, v.39, n.2, p.285-291.

[38] VAL, L.A.; BAHIA, V.G.; FREIRE, J.C.; DIAS JUNIOR, M.S. Erosividade das chuvas em Lavras – MG. Ci. Prática.10:199-209, 1986.

[39] YIN, S. et al. Rainfall erosivity: An overview of methodologies and applications. Vadose Zone Journal, v. 16, n. 12, p. 1-16, 2017. https://doi.org/10.2136/vzj2017.06.0131.

[40] WANG, L.; et al. Rainfall erosivity index for monitoring global soil erosion.Catena, v. 234, p. 107593, 2024. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107593.

[41] ZHU, D.; XIONG, K.; XIAO, H. Multi-time scale variability of rainfall erosivity and erosivity density in the karst region of southern China, 1960–2017. Catena, v. 197, p. 104977, 2021. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104977.

Capítulo 3

Cômputos erosivos de sete em sete anos e seu comparativo com a climatologia, pelo modelo de França (2021), para o Povoado Ribeira de Cabaçeiras – Paraíba

Raimundo Mainar de Medeiros
Rita de Cassia Cunha Saboya
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Cristiano José da Silva
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya

Resumo: A erosão hídrica colabora a degradação dos solos, assoreamento dos lençóis e reservatórios de água. estimar a erosividade da chuva utilizando-se da modelagem matemática proposta por França et al, (2021) de sete em sete anos e comparar om a climatologia para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. Os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos. A determinar do fator erosividade foi calculado utilizando-se da equação proposta por França (2021). O cálculo do fator R é o somatório dos totais mensais e anual da erosividade. O potencial erosivo anual da chuva foi classificado a partir da metodologia definida por Carvalho (2008). A erosividade das chuvas, na escala de tempo mensal e anual, apresentam estrutura de continuidade espacial fraca. A erosividade calculada para Povoado Ribeira de Cabaceiras foi classificada como fraca. Visto isso, verifica-se que a área de estudo tem baixo potencial erosividade da chuva com valores máximos de 1308,2 MJ.mm/há h ano. Identificar as áreas com maior potencial erosivo, pode favorecer ações pontuais de educação ambiental nas comunidades, fazendo-se necessária a adoção de estratégias que visem a conservação e preservação destes locais. O procedimento erosivo concebe ameaças ao meio ambiente e à sociedade, especialmente em anos de eventos climáticos extremos. Deste modo, a pesquisa fornece conhecimentos decisivas para mitigação de impactos erosivos estudados.

Palavras chave: Degradação do solo; Conservação do solo; Erosão hídrica; Agropecuária.

INTRODUÇÃO

Dentre os eventos climáticos extremos que procedem em maiores degradação e perdas de solo, as secas tomam papel de evidência. Em conformidade com as informações ministradas pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2022), a escassez de água afeta diretamente cerca de 40% da população mundial, com a possibilidade de que até 700 milhões de pessoas em risco.

Para Tang et al. (2021) a habilidade potencial em causar erosão da chuva através de suas características, onde uma chuva qualquer pode ser comparada qualitativamente com outra, possibilitando assim a criação de uma escala numérica de valores de erosividade. Portanto, o fator erosividade da chuva (R) é um índice numérico que expressa à capacidade da chuva em produzir erosão (Lombardi Neto et al., 1992). Para sua determinação é necessário a existência de uma série histórica de dados de precipitação.

A erosão hídrica é um ultimato nas agilidades produtivas agrícolas, quanto estão próximas as encostas com disposição a deslizamentos, especialmente em ambientes urbanos com adensamento populacional (Terassi et al., 2020). A erosão hídrica, intervém na captação de águas de açudes e transporte fluvial ocasionado pelo assoreamento e lixiviação do solo, reduz a fertilidade do solo e ocasiona poluição nos corpos hídricos e afetam o meio ambiente (Melo et al., 2019), tranando-se áreas inférteis e improdutivas, levando a processo de desertificação, caso a erosão evolua para níveis irreversíveis no que diz respeito à viabilidade econômica para recuperação (Martínez-Casasnovas et al., 2016).

França et al (2020a) realizar análise do índice erosivo pluvial na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, compreendidos entre 1962 a 2016. Obteve-se alta correlação do índice de erosividade com o coeficiente de chuva, utilizaram as equações obtidas para estimar o fator R de perda de solo. O fator "R" deve ser utilizado com segurança para as áreas de entorno da bacia hidrográfica do rio Ipojuca, com características climáticas semelhantes, ampliando a possiblidade de utilização deste fator no planejamento conservacionista da atividade agropecuária.

O fator erosividade (R) de perdas de solo concebe o potencial erosivo pluvial de uma certa região ou área, assumido períodos de dados pluviais com 20 a 30 anos. O fator R pondera o potencial erosivo das chuvas de certo local, onde se conhece a capacidade e o potencial pluvial em ocasionar erosão (Menezes et al., 2011). Este índice fundamentou-se em distintos artigos sobre erosividade, onde se sobressai as pesquisas desenvolvidas por (Zanin, 2017; Jardim, 2017).

Medeiros, (2017) estimar a erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto utilizando a Equação Universal de Perdas de Solo em quarenta e oito localidades no período crítico de ocorrência de chuvas intensas na referida área descrita. No período crítico, de outubro a março, chove 90,74% do total anual. Com base nos resultados, verificou-se que em quatro localidades registraram-se estágios avançados de erosividade: Fazenda Cachoeira, no município de Santa Filomena com 51.955,2 MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}; Santa Filomena com 41.244,6 MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}; Fazenda Paus, em Monte Alegre do Piauí com 37.322,6 MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}; e Fazenda Melancia, em Gilbués com 34.923,4 MJ MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}. Já o município de Colônia do Gurguéia com 19.608,5 MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}; é o local com menor risco de erosividade. Nos outros quarenta e três municípios os índices de erosividade foram de moderados a fortes.

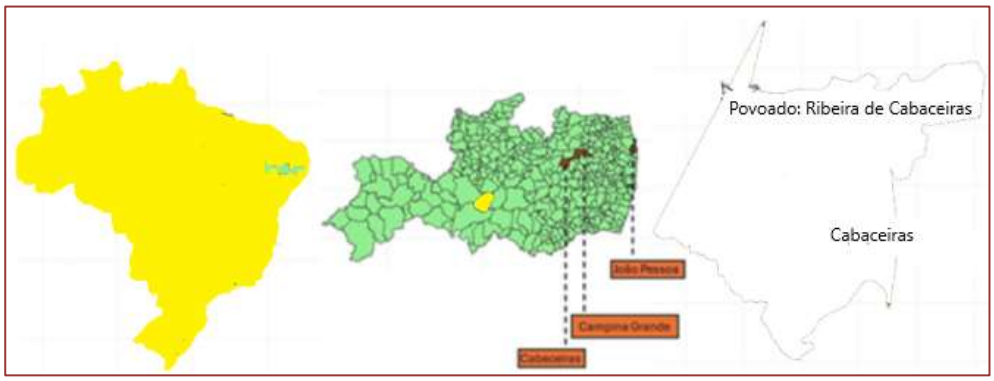
Santos et al, (2020) a erosão é um processo que envolve o desprendimento e arraste de partículas do solo causadas, principalmente, pela ação direta da água e das gotas de chuva. A erosão do solo é função do trabalho resultante de uma força sobre um corpo, quando em movimento coloca energia no sistema, podendo promover um desgaste, desagregando-o e dando início ao processo erosivo (Bertol et al., 2019).

Tem-se como objetivo estimar a erosividade da chuva utilizando-se da modelagem matemática proposta por França et al, (2021) de sete em sete anos e comparar om a climatologia para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceiras, posiciona-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, limitando-se com São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2024). Localiza-se em 7º43'S e 36º36'W de Greenwich, com altitude de 391 metros, achar na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2024).

Figura 1. Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

O povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba insere-se nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Seus principais cursos da água são os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, e os riachos do Pombo, Gangorra, Pocinho, da Varjota, do Tanque, Fundo, Algodoais, do Junco e Macambira. No povoado situa-se o Açude Público Epitácio Pessoa, comumente conhecido como açude de Boqueirão (AESA 2024).

A vegetação nativa está perdendo espaço para as algarobas (planta invasora) pois é a vegetação predominante na área estudas além do solo que se encontram alterados devido aos impactos ambientais decorrentes da urbanização e arborização.

Clima e suas variações temporais exercem grandes influencias sobre a sociedade e a natureza, podendo ser positiva ou negativa. Sendo o ser humano e a sociedade vulnerável as variações climáticas, as atividades do homem são essencialmente voltadas para a agropecuária e o armazenamento de água e sua distribuição para a sobrevivência. A pergunta que fica atualmente é se o clima global é vulnerável ao homem.

Segundo o método de Thornthwaite (1948) Thornthwaite et al, (1953), o clima é do tipo $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, (AESA, 2024).

Para determinar o fator erosividade utilizou-se da equação proposta por França (2021) definida como:

$$EI_{30} = 0{,}3908\ (P)^{1{,}651} \qquad (1)$$

sendo:

EI_{30} índice de erosividade das chuvas (MJ. Mm/ ha. h. ano);

P precipitação média mensal e anual (mm).

O fator R (erosividade das chuvas) permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo, para que assim se faça um manejo adequado e ocupação correta do mesmo. O cálculo desse fator é o somatório dos dados mensais da erosividade, segundo a equação 2:

$$R = \sum_{1}^{12} EI_{30} \qquad (2)$$

O potencial erosivo anual da chuva será classificado a partir da Tabela 1, conforme a metodologia utilizada por Carvalho (2008).

Tabela 1. Classificação do potencial da erosividade das chuvas pelo fator R, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.

Erosividade (MJ mm/ha h ano)	Classe de erosividade
R ≤ 2452	Fraca
2452 < R ≤ 4905	Moderada
4905 < R ≤ 7357	Moderada a forte
7357 < R ≤ 9810	Forte
R > 9810	Muito forte

Fonte: Carvalho (2008).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Segundo os autores (Coliado et al., 2020; Silva et al., 2020; Toniolo et al., 2020), verificaram implicações deletérios nas atividades agropastoris, e na cobertura do solo e vegetação ao que se refere a degradação do solo e os cuidados pendentes aos recursos hídricos, caso não sejam adotadas medidas de manejo apropriadas e práticas conservacionistas.

A classificação do potencial erosivo de sete em sete anos das chuvas, estão representado na Tabela 2, Segundo a metodologia de Carvalho (2008), os valores anuais de sete em sete anos foram classificados como fraco poder erosivo.

Tabela 2 – Classificação do potencial quinquenal erosivo anual da chuva, na área em estudo.

Anos	Total anual pluvial (mm)	Classificação anual
2010	1110,8	Fraca
2011	1031,0	Fraca
2012	862,3	Fraca
2013	1254,0	Fraca
2014	1167,4	Fraca
2015	1088,1	Fraca
2016	1310,8	Fraca
2017	1312,4	Fraca
2018	1236,3	Fraca
2019	1121,6	Fraca
2020	1005,9	Fraca
2021	1088,2	Fraca
2022	720,6	Fraca
2023	1035,5	Fraca

Fonte: Medeiros (2026).

O cálculo do fator R podem serem observados na tabela 3, para as duas séries sete anos em estudo. As ocorrências de variabilidades entre meses tem suas explicações decorrentes da pluviometria registradas e dos eventos extremos acontecidos nos períodos estudados. Destaca-se o valor de R total, como de intensidade moderada a fraca, similaridades são encontrados em França et al, (2020).

Tabela 3 – Cálculo do fator R, entre 2010 - 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.

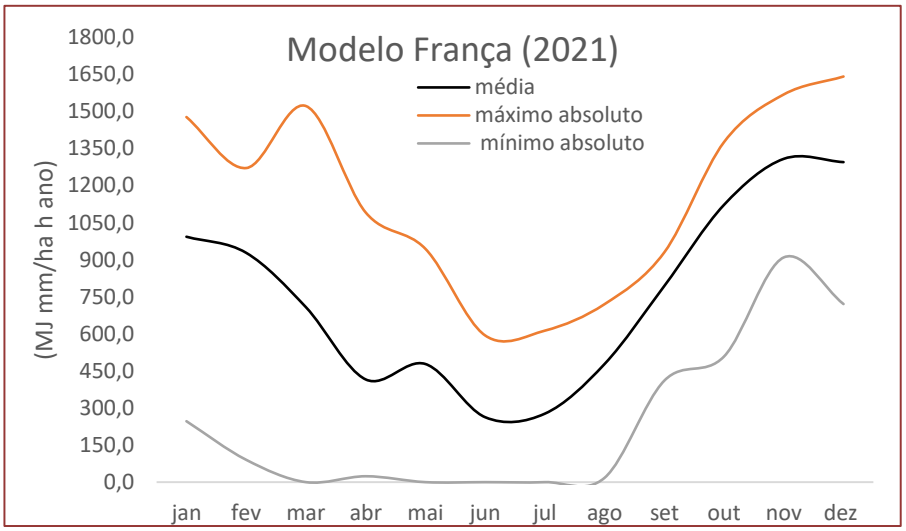
Meses/Erosão	Erosão
Janeiro	993,0
Fevereiro	927,9
Março	708,0
Abril	415,7
Maio	478,1
Junho	262,9
Julho	277,1
Agosto	478,0
Setembro	793,9
Outubro	1122,2
Novembro	1308,2
Dezembro	1294,9
Anual	41276,8
R	50336,9

Fonte: Medeiros (2026).

As variabilidades Erosivas máxima absoluta, média e mínima absoluta do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, entre 2010-2023, estão representadas na Figura 2, os valores erosivos fluiram de 277,1 MJ mm/ha h ano (julho) a 1308,2 MJ mm/ha h ano (novembro), com um total anual de 41276,8 MJ mm/ha h ano. Na área em estudo as erosividade máximas absolutas fluiram de 593,3 MJ mm/ha h ano (julho) a 1641,4 MJ mm/ha h ano (dezembro), seu valor máximo anual registrado foi de 54942,2 MJ mm/ha h ano. Os valores mínimos absolutos fluiram de 0,0 MJ mm/ha h ano (fevereiro, maio a julho) e seu máximo dos mínimos foi de 909,3 MJ mm/ha h ano (novembro), com registro mínimo anual de 20418,3 MJ mm/ha h ano.

O estudo de França et al, (2020) corroboram com os resultados em discussões, as oscilações pluviais extremas, com altas magnitudes, intensidades e em curto intervalo de tempo, contribuem para os aumentos erosivos, assim como, as causas e os efeitos (a)bióticos, ocasionados na região.

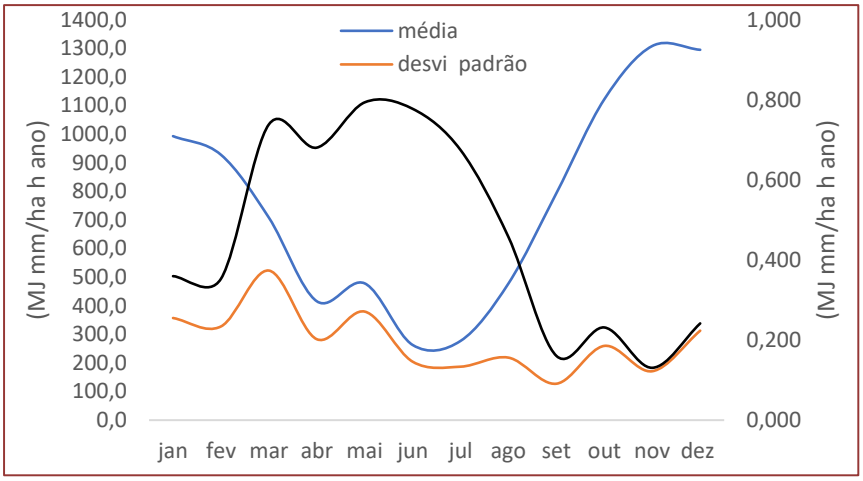
Figura 2 – Erosão máxima absoluta, média e mínima absoluta do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: Medeiros (2026).

As flutuações erosivas médias, desvio padrão e coeficiente de variância, estão alocadas na (Figura 3). As flutuações médias erosivas com menor incidência registrou-se em junho (262,9 MJ mm/há h ano; seu maior valor ocorreu em novembro com 1308,2 MJ mm/há h ano. Entre setembro e fevereiro, destaca-se os maiores índices erosivos e de março a agosto os menores poder erosivos. O desvio padrão em relação a média, oscila de 127,3 MJ mm/há h ano (setembro) a 522,9 MJ mm/há h ano (março), saber que estas variações não são significativas para ocorrem valore entre os desvios estudados. O coeficiente de variância é representativo entre setembro a fevereiro, conforme nos afirma Galvincio et al (1980).

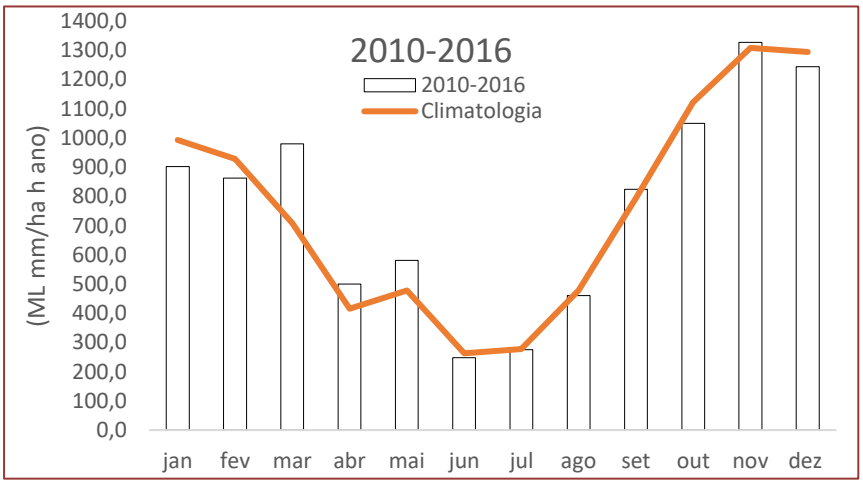
Figura 3 – Erosão média, desvio padrão e coeficiente de variância do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 4, observam-se as variabilidades erosivas provenientes do modelo de França (2021) entre 2010-2016, comparada a sua climatologia, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba. Nos sete anos registrou-se erosão abaixo da média em janeiro, fevereiro, junho, outubro e dezembro. Índice erosivos igual a média registrou-se em julho, agosto e setembro. Os meses março, abril, maio, novembro. O estudo de Vilar et al, (2022) corrobora com as discussões.

Figura 4 – Erosão do período de 2010-2016, comparada a sua climatologia, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.

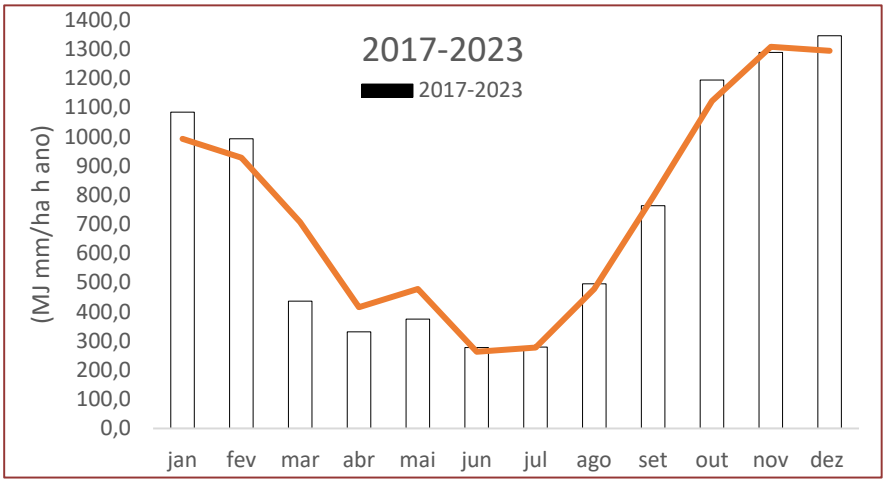


Fonte: Medeiros (2026).

Nos últimos sete anos (2017-2023), as variações erosivas fluiram de 331,2 MJ mm/há h ano (abril) a 1346,1 MJ mm/há h ano (dezembro). Em relação a climatologia registrou-se os meses superiores, janeiro, fevereiro, outubro e dezembro. Abaixo a climatologia março a maio e com índices erosivos igual a climatologia ocorreu em julho a

setembro e novembro. Tais variabilidades foram ocasionadas pela má distribuição dos índices pluviais local e regional.

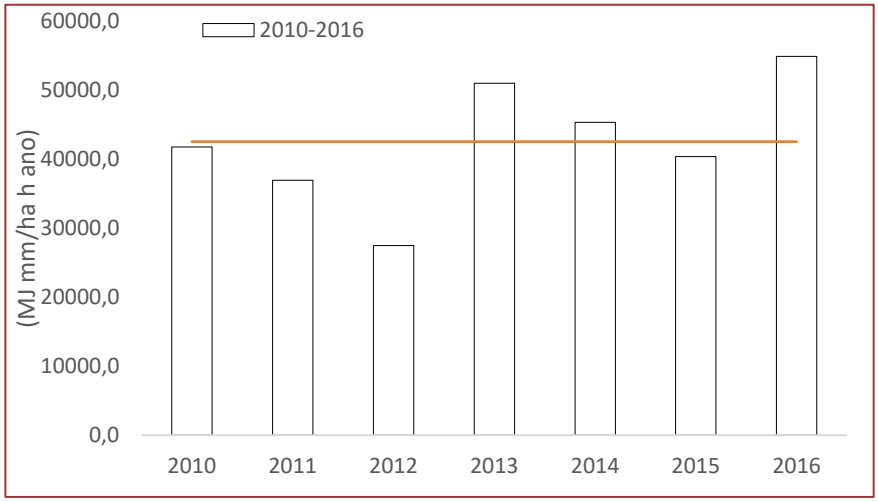
Figura 5 – Erosão do período de 2017-2023, comparada a sua climatologia, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Os anos 2013, 2014 e 2016, registraram índices erosivos superior à média, com índices erosivos próximo a média ocorreu no ano de 2010. Os anos 2011, 2012 e 2015 registrou erosividade abaixo da média (Figura 6). As oscilações pluviais irregulares e má distribuídas inter anos, ocasionaram bloqueios com maiores significâncias no transporte vapor e umidade. Registrou-se chuvas extremas em curto intervalo de tempo, de alta intensidade e magnitude nos anos 2013 e 2016, os estudos de Terassi et al(2020); Santos et al, (2020) e Medeiros et al, (2017) corroboram com as discussões.

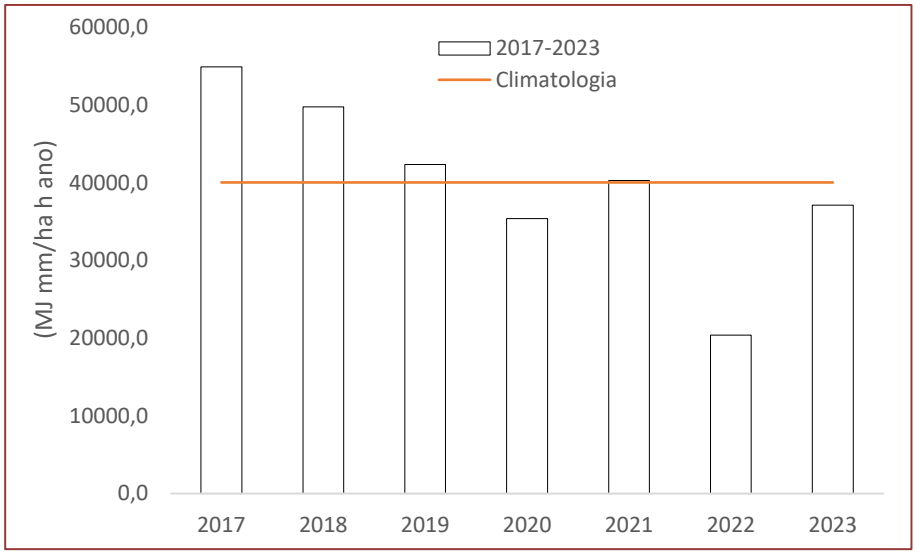
Figura 6 – Erosão anual do período de 2010-2016, comparada a sua climatologia, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Os valores erosivos anuais do período de 2017-2023, (corresponde aos últimos sete anos com observações, Figura 7), mostram sua comparação a climatologia, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba. Os anos 2020, 2022 e 2023 a erosividade fluiu abaixo da climatologia, nos anos de 2017 a 2019 os índices erosivos foram superior a climatologia e no ano de 2021 igualou-se a climatologia. As flutuações irregulares e má distribuídas da pluviometria, passaram por bloqueios atmosféricos, eventos extremos, a não contribuição dos efeitos de meso e microescala e dos sistemas regionais e locais não contribuíram para ocorrências de chuvas. Neste sentido os estudos de Marengo et al (2023); Marengo et al (2008) e Medeiros et al (2022) corroboram com as discussões.

Figura 7 – Erosão anual do período de 2017-2023, comparada a sua climatologia, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

A erosividade das chuvas, na escala de tempo mensal e anual, apresentam estrutura de continuidade espacial fraca.

A erosividade calculada para Povoado Ribeira de Cabaceiras foi classificada como fraca. Visto isso, verifica-se que o povoado tem baixo potencial erosividade da chuva com valores máximos de 1308,2 MJ.mm/há h ano.

Deste modo, identificar as áreas com maior potencial erosivo, pode favorecer ações pontuais de educação ambiental nas comunidades, fazendo-se necessária a adoção de estratégias que visem a conservação e preservação destes locais.

O procedimento erosivo concebe ameaças ao meio ambiente e à sociedade, especialmente em anos de eventos climáticos extremos. Deste modo, a pesquisa fornece conhecimentos decisivas para mitigação de impactos erosivos estudados.

Diante dos dados analisados neste trabalho, fica evidente que as flutuações erosivas tem uma alta vulnerabilidade às mudanças climáticas, constando-se o aumento significativo nos índices erosivos.

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2011). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

[2] ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

[3] BERTOL, I.; DE MARIA, C.; SOUZA, L. da S. Manejo e conservação do solo e da água. Viçosa: SBCS, 2019.

[4] CARVALHO, N.O. Hidrossedimentologia prática. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599p.

[5] COLIADO, P.H.S. et al. Avaliação das características físicas da bacia hidrográfica do Rio Pariquera-Açu no Baixo Ribeira De Iguape (SP). Holos Environment, v. 20, n. 3, p. 320-334, 2020. DOI 10.14295/holos.v20i3.12386

[6] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R. (2020). Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE – Brasil. Research, Society and Development, *9*(7):1-19. ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.XX.

[7] JARDIM, A.M.R.F.; ARAÚJO JÚNIOR, G.N.; SILVA, M.J.; MORAIS, J.E.F.; SILVA, T.G.F. (2017). Estimativas de perda de solo por erosão hídrica para o município de Serra Talhada, PE. Journal of Environmental Analysis and Progress V.02. N. 03. P.186-193.

[8] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388.

[9] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas.

[10] LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em campinas, SP. Bragantia, v.51, n.2, p.189-196, 1992. DOI: https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009

[11] MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A.; RAMOS, M.C.; BENITES, G. Soil and water assessment tool soil loss simulation at thesub-basin scale in the alt penedÈs-anoia vineyard region (NE Spain) in the 2000s. Land Degradation & Develop ment, v. 27, n. 2, p. 160-170, 2016.

[12] MEDEIROS, R.M.; KOZMHINSKY, M.; HOLANDA, R.M.; SILVA, V.P. (2017). Estimativa da erosão pluvial na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto – Piauí, Brasil. Revista Brasileira de Agrotecnologia (Brasil) ISSN: 2317-3114 v. 7, n. 3. P.081 – 090.

[13] MELO, R.F.; GIONGO, V.; DEON, D.S.; ANJOS, J.B. Uso e manejo do solo. In: Agricultura Familiar Dependente de Chuva no Semiárido. Brasília: Embrapa, p. 395-444, 2019.

[14] MENEZES, M.D,; LEITE, F.P. (2011). Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.1029-1039.

[15] SANTOS, C.G.; DA SILVA, J.; SANTOS, V.R.; OLIVEIRA SANTOS, I.G.; DOS SANTOS, S.B.T.; LIMA ROCHA, J.J.; SANTOS, M.A.L. (2020). Aplicação de modelos matemáticos para estimativa do índice de Erosividade das chuvas em Água Branca–AL. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 89947-89964. Disponível em: http://10.34117/bjdv6n11-418.

[16] SILVA, D.C.C. et al. Análise espacial do custo de reposição de nutrientes do solo em uma bacia hidrográfica. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 13, n. 1, p. 189-212, 2020. DOI 10.17765/2176-9168.2020v13n1p189-212.

[17] TANG, C.; LIU, YU; L.I.; ZHONGWU; G.U.O.; LIPING; X.U.; AIZHEN; Z.H.A.O. Jiading. Effectiveness of vegetation cover pattern on regulating soil erosion and runoff generation in red soil environment, southern China. Ecological Indicators, v.129, p.1-9, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107956

[18] TERASSI, P.M.B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; OS CAR JÚNIOR, A.C.; SOBRAL, B.S.; BIFFI, V.H.R.; BLANCO, C.J.C.; CORREIA FILHO, W.L.F.; VIJITH, H. Rainfall and erosivity in the municipality of Rio de Janeiro- Brazil. Urban Climate, v. 33, n. 1, p. 100637, 2020.

[19] TONIOLO, B.P. et al. Uso de Geotecnologias para Delimitação de Susceptibilidade Erosiva na Unidade de Negócio Oeste SABESP. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 8, p. 76-90, 2020. DOI 10.17271/2317860481720202309

[20] THORNTHWAITE, C.W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev, 38, 55-94.

[21] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. (1955). The Water Balance. Publications In Climatology. New Jersey: Drexel Institute Of Technology,104p.

[22] ZANIN, P.R.; BONUMÁ, N.B.; MINELLA, J.P.G. (2017). Determinação do fator topográfico em bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.18, n.1, p.19-36.

Capítulo 4

Erosão quinquenal para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba – Brasil

Rita de Cassia Cunha Saboya
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Cristiano José da Silva
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Raimundo Mainar de Medeiros

Resumo: A erosão antropogênica ocasiona processos hidro sedimento lógicos, promove impacto ao meio ambiente e a sociedade. calcular a erosividade do solo, utilizando-se a equação Wischmeier, entre os quinquênios de 2010-2014; 2015-2019 e 2020-2023, comparando seus potenciais para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. As séries de chuvas (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, e seus valores quinquenais foram interpolados pela metodologia da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado. Para determinar a erosividade empregou-se a equação proposta por Wischmeier, seguidamente da realização da média quinquenal da erosividade correspondente aos seguintes quiquemos, 2010-2014; 2015-2019 e 2020-2023. Utilizou-se do potencial erosivo da chuva, para realizar a classificação pela metodologia de Carvalho. As informações fornecidas devem servir de apoio em projeto conservacionista e se possível adotar táticas de recuperação e prevenção de danos aos recursos hídrico e ambientais com o aumento da capacidade produtiva, e do bem estar socioeconômico local. Na avaliação das variabilidades erosivas, utilizando-se dos elementos das previsões de erosividade pluvial usando as informações dos conjuntos dos dados das estações em várias escalas temporais, como por exemplo para eventos médios anuais de longo prazo, devem serem melhoradas. A metodologia proposta (índice EI30 e R) consegue caracterizar as faixas da erosividade anual e mensal para a área estudada.

Palavras chave: Erosão quinquenal; Equação da perda do solo; Chuvas erosivas extremas.

INTRODUÇÃO

A erosão é acatada como um acontecimento pernicioso ao solo e às prestezas agropecuárias. É qualificado por contrafazer diretamente a qualidade do produto e da produtividade do solo, reduz as taxas de infiltração, capacidade de retenção d'água, nutrientes, matéria orgânica, profundidade, transporte e deposição de partículas das camadas superficiais dos solos realizados pela ação do escoamento superficial das águas pluviais, ameaça às atividades agrícolas na circunvizinhança em encostas, propensão a deslizamentos, principalmente em ambientes urbanos com adensamento populacional (Terassi et al., 2020; Barros et al., 2018).

França et al, (2022) estimar a erosividade pluvial através da modelagem para o município de Amparo de São Francisco – Sergipe, aplicando-o e comparado aos períodos de 1963-1982; 1983-2001 e 2002-2019. Detectaram que os resultados dos períodos forneceram informações ao planejamento e projetos de políticas socioambientais, dos recursos hídricos e de adoção de práticas conservacionistas do solo que favoreçam o seu uso adequado à redução dos índices erosivos. As informações geradas poderão servir de suporte ao planejamento conservacionista da área e com isso ser possível adotar estratégias de recuperação e prevenção de danos aos recursos ambientais e o aumento da capacidade produtiva da propriedade contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico.

Degradar o solo (Zhao et al., 2017a, Zhao et al., 2017b); ocorre particularmente em regiões áridas e semiáridas (Vaezi et al., 2017a; Vaezi et al., 2017b); deprecia a produtividade agrícola e florestal (Almeida et al., 2019); inutiliza o transporte e a infraestrutura (Farias et al., 2019); polui (Chaves et al., 2019), e reduz a disponibilidade d'água devido o assoreamento nos reservatórios (Zhang et al., 2016).

Medeiros (2019) caracterizou o potencial erosivo pluvial trimestrais do período seco e chuvoso, da erosividade anual no Estado do Piauí, aplicados as quinzes microrregiões de coletas de dados pluviais, entre 1962-2016. Utilizou-se da equação de (Wischmeier et al., 1958; Wischmeier et al., 1971; Wischmeier et al., 1978). o resultado encontrado condiz com a realidade de cada microrregião. As áreas agricultáveis nas microrregiões localizam-se ao longo de todo seu território, tendo regiões climáticas com diferentes potenciais erosivos. O conhecimento destes potenciais é de suma importância para a escolha do manejo do solo visando controlar o processo erosivo.

As informações das oscilações pluviais em uma região permite realizar o zoneamento de diferentes áreas conforme seu potencial erosivo e planejar o uso adequado do solo segundo o risco de erosão (Lima et al., 2021). O conhecimento da sazonalidade e dos valores locais da agressividade da chuva é crucial para tomada de decisão e implementação de medidas preventivas e medidas de controle de erosão (Haz-Bavi et al., 2016).

Segundo a Organização Meteorológica Mundial, nos últimos 50 anos, as mudanças climáticas e os eventos extremos de elementos meteorológicos, vem causando acréscimo nos desastres naturais, representando 50% de todos os desastres, 45% de todas as mortes e 74% de todas as perdas socioeconômicas, afetando principalmente as nações mais pobres (WMO, 2021).

A extensa região do Semiárido Brasileiro que, centra-se no Nordeste do Brasil, consisti em uma área com baixos índices pluviais (Silva et al., 2023). Contudo, em decorrência da sua vasta área, ocorre variabilidade climática notável, com período de

estiagem relevante (Carvalho, 2020). Todavia, é necessário compreender estas tendências e sua diversidade climática locais do Semiárido brasileiro, visando contribuir com medidas de mitigação em períodos de estiagem e chuvosos, bem como para o planejamento de recursos hídricos.

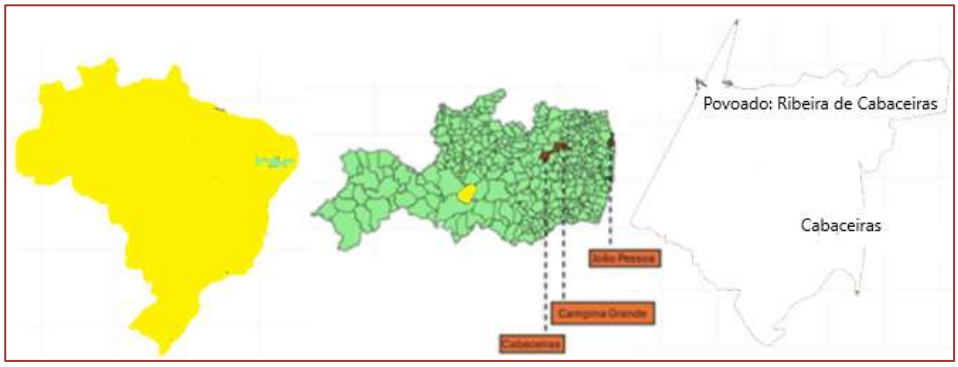
A erosividade é importante em relação às encostas passíveis de deslizamentos (Terassi et al., 2020), e pendente do manejo do solo que pode ocasionar perda de solo e afetar a fertilidade do mesmo (Pedron et al., 2009; Samuel-Rosa et al., 2011).

Objetiva-se calcular a erosividade do solo, utilizando-se a equação Wischmeier, entre os quinquênios de 2010-2014; 2015-2019 e 2020-2023, comparando seus potenciais para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceiras localiza-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2024). A área estudada, encontra-se alocado nas coordenadas geográficas 7º43'S e 36º36'W de Greenwich, com 391 metros de altura, encontra-se na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2024).

Figura 1. Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

O povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba insere-se nos domínios do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Seus principais cursos da água são os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, e os riachos do Pombo, Gangorra, Pocinho, da Varjota, do Tanque, Fundo, Algodoais, do Junco e Macambira. No povoado situa-se o Açude Público Epitácio Pessoa, comumente conhecido como açude de Boqueirão (AESA 2024).

A vegetação nativa está perdendo espaço para as algarobas (planta invasora) pois é a vegetação predominante na área estudas além do solo que se encontram alterados devido aos impactos ambientais decorrentes da urbanização e arborização.

Clima e suas variações temporais exercem grandes influencias sobre a sociedade e a natureza, podendo ser positiva ou negativa. Sendo o ser humano e a sociedade vulnerável as variações climáticas, as atividades do homem são essencialmente voltadas para a agropecuária e o armazenamento de água e sua distribuição para a sobrevivência. A pergunta que fica atualmente é se o clima global é vulnerável ao homem.

A classificação climática segundo a metodologia de Thornthwaite (1948) Thornthwaite et al, (1953) é do tipo $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC), segundo a metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo de classificação da área em estudo.

As séries de chuvas (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, e seus valores quinquenais foram interpolados pela metodologia da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2024).

Para determinar a erosividade empregou-se a equação proposta por (Wischmeier et al., 1958, Wischmeier et al., 1971, Wischmeier et al., 1978) definida como:

$$EI_{30} = 67{,}355\ (r^2/P)e^{0{,}85} \qquad (1)$$

sendo:

EI_{30} a média mensal da erosividade pluvial (MJ. Mm/ ha. h. ano);

r a precipitação média mensal (mm); e

p a precipitação média anual (mm).

Realizou-se a média quinquenal dos dados pluviais, seguidamente do cálculo da erosividade correspondente aos seguintes períodos, 2010-2014; 2015-2019 e 2020-2023, utilizando da equação empregada por (Wischmeier et al 1958; Wischmeier et al 1971; Wischmeier et al 1978), segundo a equação 1.

O fator R (erosividade das chuvas) permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo, para que assim se faça um manejo adequado e ocupação correta do mesmo. O cálculo desse fator é o somatório dos valores mensais da erosividade, conforme a equação 4:

$$R = \sum_{1}^{12} EI_{30} \qquad (2)$$

O potencial erosivo anual da chuva será classificado a partir da Tabela 1, conforme a metodologia utilizada por Carvalho (2008).

Tabela 1. Classificação do potencial erosivo anual da chuva, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.

Erosividade (MJ mm/ha h ano)	Classe de erosividade
R ≤ 2452	Fraca
2452 < R ≤ 4905	Moderada
4905 < R ≤ 7357	Moderada a forte
7357 < R ≤ 9810	Forte
R > 9810	Muito forte

Fonte: Carvalho (2008).

RESULTADO E DISCUSSÃO

A classificação do potencial quinquenal erosivo anual da chuva, está representado na Tabela 2, dando destaque de cores aos três quinquênios estudados quinquênio (2010-2014) negrito; o segundo quinquênio (2015-2019) pintado na cor amarela e o terceiro em preto e branco. Segundo a metodologia de Carvalho (2008), os quinquênios foram classificados como fraco poder erosivo.

Tabela 2 – Classificação do potencial quinquenal erosivo anual da chuva, na área em estudo.

Anos	Total anual pluvial (mm)	Classificação anual
2010	1110,8	Fraca
2011	1031,0	Fraca
2012	862,3	Fraca
2013	1254,0	Fraca
2014	1167,4	Fraca
2015	1088,1	Fraca
2016	1310,8	Fraca
2017	1312,4	Fraca
2018	1236,3	Fraca
2019	1121,6	Fraca
2020	1005,9	Fraca
2021	1088,2	Fraca
2022	720,6	Fraca
2023	1035,5	Fraca

Fonte: Medeiros (2026).

Os impactos nas mudanças climáticas das características pluviais em torno ao globo onde, se espera que as amostras erosivas de chuvas ocasionem mudanças no futuro. Essas mudanças nos padrões de chuvas, particularmente cogitadas nas magnitudes de eventos extremos pluviais, irão interagir ainda mais com as mudanças no uso da terra e perturbações da paisagem significantes nos eventos de colheita e preparo do solo, desmatamentos e incêndios florestais, para determinar os padrões espaciais e temporais da erosão.

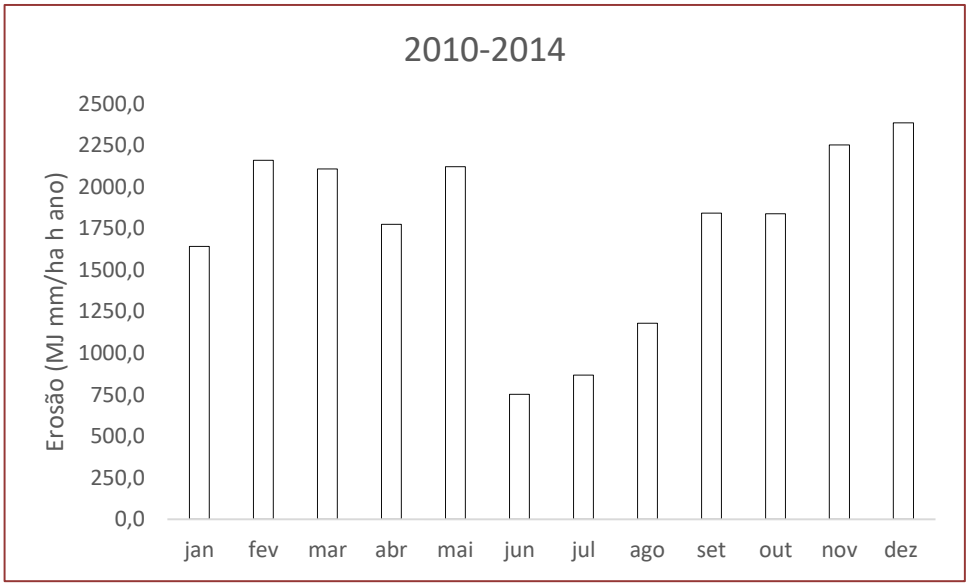
Os acontecimentos climáticos incidem em padrões que entusiasmam de forma pertinente as condições atmosféricas de uma região, portanto é um tema de grande importância para a compreensão de eventos extremos (Domingos et al., 2020).

As oscilações erosivas, quinquenal erosivo de 2010-2014 (Figura 2), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, registradas foram ocasionadas, pelos impactos das chuvas extremas e de intensidade e magnitudes variadas, seguidamente das contribuições regional e local, discussões que vem a corroborar com o estudo podem ser visto em França et al, (2022); Medeiros (2019) e Terassi et al, (2020).

Em destaque os meses fevereiro, março, maio, novembro e dezembro que registraram as maiores flutuações erosivas, as menores flutuações erosivas centraram-se nos meses de junho a agosto, e os índices erosivos moderados em janeiro, abril, setembro e outubro. Segundo os estudos de (Marengo et al., 2020); Tomasella et al., 2018), os resultados discutidos corroboram com as discussões.

Chama-se a atenção dos leitores que as descrições menores, maiores e moderadas, foram determinadas pelos valores da escala do gráfico, conforme a média de cada quinquênio.

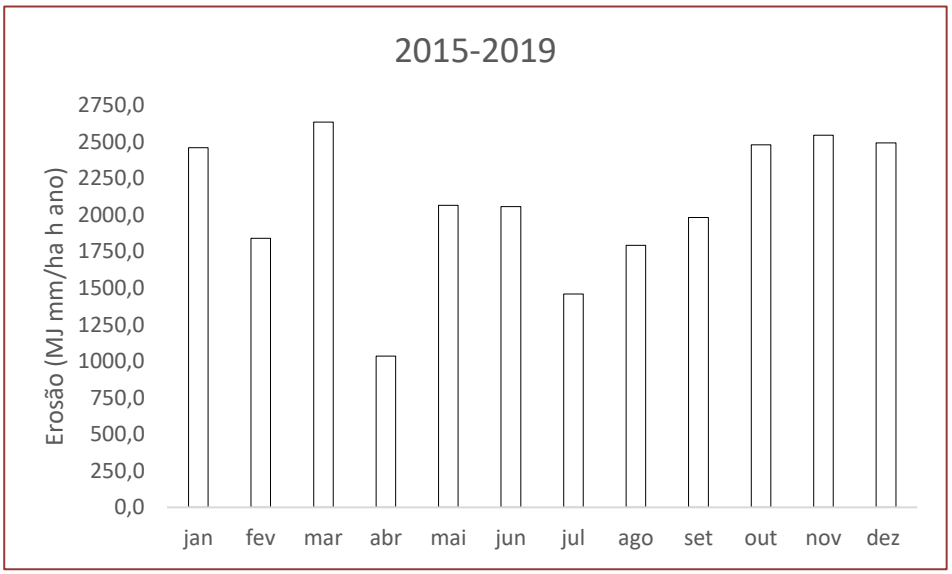
Figura 2 – Distribuição quinquenal erosivo de 2010-2014, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição quinquenal erosiva de 2015-2019 (Figura 3), registrou índices erosivos altos nos meses de outubro a dezembro, janeiro e março, com índices erosivos moderados tem-se os meses de fevereiro, maio, junho, agosto e setembro, em abril e julho ocorreram variabilidades erosivas fraca. As ocorrências pluviais má distribuídas e irregulares com ocorrências de chuvas extrema, com alta intensidade e magnitude e em curto intervalo de t, foram a principal causa da erosividade como demonstrado. As discussões vem a corroborar com o estudo e podem ser acessado em França et al, (2022); Medeiros (2019) e Terassi et al, (2020).

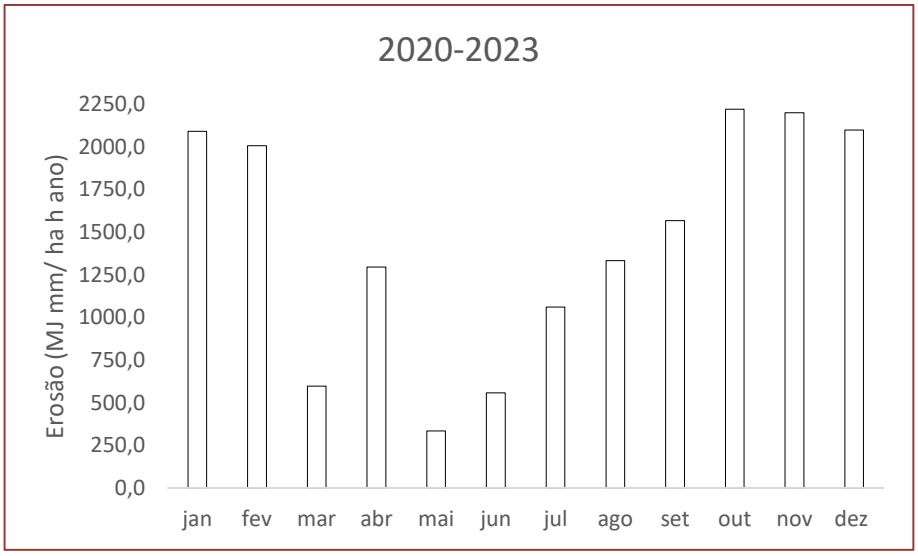
Figura 3 – Distribuição quinquenal erosivo de 2015-2019, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Com erosões fortes, centradas nos meses de outubro a fevereiro. Erosão moderada registrada de julho a setembro e abril. Erosão fraca ocorridas em março, maio e junho (Figura 4). A ocorrência de eventos extremos pluviais em curto intervalo de tempo, com magnitude e intensidades diferenciadas foram as causas das variabilidades erosivas no quinquênio em estudo. Similaridades de discussão vem a corrobora com o estudo de Vilar et al, (2019).

Figura 4 – Distribuição quinquenal erosivo de 2020-2023, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

A erosão do solo, individualmente ocasionando à sua perda, é inquietante face à diminuição na sua aptidão produtiva, ampliando o assoreamento de recursos hídricos e redução da qualidade da água. Matérias sobre erosão do solo envolvem a quantificação da erodibilidade K do solo no campo sob chuva natural e o desenvolvimento de nomogramas para solo subtropical (Cassol et al. 2018) ou em condições de laboratório (Thomaz et al., 2020), fator erosividade R e uso e manejo C e práticas conservacionistas P da USLE (Silva et al., 2020; Valente et al., 2021), relação posição relevo solo com erosão e propriedades do solo, e modelagem hidros sedimentologias em bacias hidrográficas (Mauri et al., 2020; Ebling et al., 2021). Todavia, a erosão tem clara relação com a qualidade da água, sendo necessária a identificação de fontes de poluição (Bastos et al., 2021) e com o balanço hídrico em bacias hidrográficas (Ferreto et al., 2021; Ferreto et al., 2020).

As ocorrências nas variabilidades do fator R das flutuações EI_{30} que ponderam as características das magnitudes e intensidades pluviais em escala fina, portanto, uma grande flutuação espacial temporal é inerente, particularmente quando vista na escala de eventos individuais.

O cálculo do fator R podem serem observados na tabela 3, para os quinquênios em estudo. As ocorrências de variabilidades entre meses tem suas explicações decorrentes da pluviometria registradas e dos eventos extremos acontecidos nos períodos quinquenais. Destaca-se o valor de R total, onde o segundo quinquênio foi o maior, tendo o último quinquênio registrado o menor valor e o quinquênio 2010-2014 como de intensidade moderada, similaridades de resultados e discussões são encontrados em Franca et al, (2020).

Tabela 3 – Cálculo do fator R, para os quinquênios 2010-2014; 2015-2019 e 2020-2023, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.

Meses/Quinquênios	2010-2014	2015-2019	2020-2023
Janeiro	1643,2	2460,1	2090,0
Fevereiro	2160,5	1840,9	2004,5
Março	2108,2	2635,8	595,5
Abril	1774,7	1034,7	1293,5
Maio	2121,6	2065,7	333,7
Junho	751,7	2057,4	557,5
Julho	867,3	1459,6	1059,2
Agosto	1180,9	1792,6	1330,9
Setembro	1842,2	1983,8	1565,2
Outubro	1838,3	2479,8	2218,3
Novembro	2253,9	2546,7	2197,5
Dezembro	2385,1	2493,3	2096,6
Anual	20928,1	24851,1	17343,0
R	41856,3	49702,2	34686,1

Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

As informações fornecidas devem servir de apoio em projeto conservacionista e se possível adotar táticas de recuperação e prevenção de danos aos recursos hídrico e ambientais com o aumento da capacidade produtiva, e do bem estar socioeconômico local.

Na avaliação das variabilidades erosivas, utilizando-se dos elementos das previsões de erosividade pluvial usando as informações dos conjuntos dos dados das

estações em várias escalas temporais, como por exemplo para eventos médios anuais de longo prazo, devem serem melhoradas.

A metodologia proposta (índice EI_{30} e R) consegue caracterizar as faixas da erosividade anual e mensal para a área estudada.

A distribuição espacial da erosividade acompanha a variabilidade da chuva, sendo que na escala mensal, os períodos chuvosos e de transição são críticos em relação ao potencial erosivo no Povoado Ribeira de Cabaceiras, com os maiores registros de erosividade, exceto o período seco.

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2011). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

[2] ALMEIDA, C.L.; ARAÚJO, J.C.; COSTA, M.C.; ALMEIDA, A.M.; ANDRADE, E.M. Fallow reduces soil losses and increases carbon stock in Caatinga. Floresta e Ambiente, 24, 160-175. doi: 10.1590/2179 8087.017516. 2019.

[3] ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

[4] BARROS, E.N.S.; VIOLA, M.R.; RODRIGUES, J.A.M.; MELLO, C.R.; AVANZI, J.C.; GIONGO, M. (2018). Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 13, e5509.

[5] [BASTOS, F.; REICHERT, J.M.; MINELLA, J.P.G.; RODRIGUES, M.F. 2021. Strategies for identifying pollution sources in a headwater catchment based on multi-scale water quality monitoring. Environmental Monitoring and Assessment 193, 169. https://doi.org/10.1007/s10661-021- 08930-5.

[6] CARVALHO, A.L.; SANTOS, D.V.; MARENGO, J.A.; COUTINHO, S.M.V.; MAIA, S.M.F. Impacts of extreme climate events on Brazilian agricultural production. Sustainability in Debate, v. 11 n. 3, p. 197–210, 2020. DOI: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33814.

[7] CASSOL, E.A.; SILVA, T.S.; ELTZ, F.L.F.; LEVIEN, R. Soil erodibility under natural rainfall conditions as the K factor of the universal soil loss equation and application of the nomograph for a subtropical Ultisol. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.42, 2018.

[8] CHAVES, L.C.G.; LOPES, F.B.; MAIA, A.R.S.; MEIRELES, A.C.M.; ANDRADE, E.M. Water quality and anthropogenic impact in the watersheds of service reservoirs in the Brazilian semi-arid region. Revista Ciência Agronômica, 50, 223–233.doi: 10.5935/1806 6690.20190026. (2019).

[9] DOMINGOS, S.; GASPAR, R.; FONSECA, H.; MAROCO, J. De Code R framework: data collection and coding for demands and resources appraisal in extreme weather events / DeCodeR framework: recogida de datos y codificación de exigencias y evaluación de recursos en fenómenos climáticos extremos. Psyecology, v. 11, p. 90-103, 2020. DOI: https://doi.org/10.1 080/21711976.2019.1643988.

[10] EBLING, E.D.; REICHERT, J.M.; PELÁEZ, J.J.Z.; RODRIGUES, M.F.; VALENTE, M.L.; CAVALCANTE, R.B.L.; REGGIANI, P.; SRINIVASAN, R. 2021. Event-based hydrology and sedimentation in paired watersheds under commercial eucalyptus and grasslands in the Brazilian Pampa biome. International Soil and Water Conservation Research 9, 180-194.

[11] FARIAS, T.R.L.; MEDEIROS, P.H.A.; NAVARRO-HEVIA J.; ARAÚJO J.C. Unpaved rural roads as source areas of sediment in a watershed of the Brazilian semi-arid region. International Journal of Sediment Research, 34, 475–485.doi: 10.1016/j.ijsrc.2019.03. 2019.

[12] FERRETO, D.O.C.; REICHERT, J.M.; LOPES CAVALCANTE, R.B.; SRINIVASAN, R. 2021. Water budget fluxes in catchments under grassland and Eucalyptus plantations of different ages. Canadian Journal of Forest Research 51, 513– 523. https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0156.

[13] FERRETO, D.O.C.; REICHERT, J.M.; LOPES CAVALCANTE, R.B.; SRINIVASAN, R.; 2020. Rainfall partitioning in young clonal plantations Eucalyptus species in a subtropical environment, and implications

for water and forest management**.** International Soil and Water Conservation Research. 2021, e-First. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.01.002

[14] FRANÇA, M.V.; HOLANDA, R.M.; SOUZA, F.A.S.; MEDEIROS, R.M.; SABOYA, L.M.F. Erosividade em Amparo de São Francisco, Sergipe e suas variabilidades nos períodos 1963-1982; 1983-2001 e 2002-2019. International Journal of Development Research Vol. 12, Issue, 09, pp. 58606-58611, September, 2022 https://doi.org/10.37118/ijdr.25261.09.2022

[15] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R. (2022). Isolinha erosiva máxima pelo método da krigagem na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Brasil. Research, Society and Development. v.9, p.1 – 29. ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd

[16] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388.

[17] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas.

[18] LIMA, M.T.; OLIVEIRA, C.W.; MOURA-FÉ, M.M. Análise multicritério em geoprocessa mento como contribuição ao estudo da vul nerabilidade à erosão no estado do Ceará. Revista Brasileira de Geografia Física, v.14, n.5, p.3156-3172, 2021.

[19] MARENGO, J.A.; AMBRIZZI, T.; ALVES, L.M.; BARRETO, N.J.C.; REBOITA, M.S.; RAMOS, A.M. Changing trends in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo: Causes and Impacts. Frontiers in Climate, v. 2, n. 3, p. 1–13, 2020a. DOI: https://doi.org/10.3389/fclim.2020.00003.

[20] MAURI, E.N.E.; VIOLA, M.R.; NORTON, L.D.; OWENS, P.R.; MELLO, C.R.; PINTO, L.C.; CURI, N. 2020. Hydrosedimentological modeling in a headwater basin in Southeast Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo 44, e0200047. https://doi.org/10.36783/18069657rbcs2020004 7

[21] MEDEIROS, R.M. Isolinhas erosivas do Estado do Piauí. Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 12, n. 1, jun. 2019. ISSN 1981-4089. 2019.

[22] TERASSI, P.M.B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; GOIS, G.; OSCAR JÚNIOR, A.C.; SOBRAL, B.S.; BIFFI, V.H.R.; BLANCO, C.J.C.; CORREIA FILHO, W.L.F.; VIJITH, H. Rainfall and erosivity in the municipality of Rio de Janeiro - Brazil. Urban Climate, v. 33, n. 1, p. 100637, 2020.

[23] PEDRON, F.D.A.; AZEVEDO, A.C.D.; DALMOLIN, R.S.D.; STÜRMER, S.L.K.; MENEZES, F.P. Morfologia e classifi cação taxonômica de Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da formação serra geral no Rio Grande no Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 1, p. 119-128, 2009.

[24] SILVA NETO, V.L.; SILVA., B.E.D.; JUNIOR, W.B.L.; FABRIS, Z.V.; RODRIGUES, P.J. A.W. 2020. Distribuição espacial da erosividade das chuvas na bacia do rio Manuel Alves da Natividade, Tocantins. Sociedade & Natureza [online] 32, 161-175. Disponível: https://doi.org/10.14393/ SN-v32-2020-46182

[25] SILVA, L.A.P.; SILVA, C.R.; SOUZA, C.M.P.; BOLFE, É.L.; SOUZA, J.P.S.; LEITE, M.E. Mapping of aridity and its connections with climate classes and climate desertification in future scenarios - Brazilian semi-arid region. Sociedade & Natureza, v. 35, p. e67666, 2023. DOI: http://doi. org/10.14393/SN-v35-2023-67666x

[26] SAMUEL-ROSA, A.; MIGUEL, P.; DALMOLIN, R.S.D.; PE DRON, F.A. Uso da terra no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. Ciência e Natura, v. 33, n. 1, p.161-173, 2011.

[27] THOMAZ, E.L.; FIDALSKI, J. 2020. Interrill erodibility of different sandy soils increases along a catena in the Caiuá Sandstone Formation. Revista Brasileira de Ciência do Solo 44, e0190064. https://doi.org/10.36783/18069657rbcs2019006 4

[28] THORNTHWAITE, C.W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev, 38, 55-94.

[29] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. (1955). The Water Balance. Publications In Climatology. New Jersey: Drexel Institute Of Technology,104p.

[30] TOMASELLA, J.; VIEIRA, R.M.S.P., BARBOSA, A.A.; RODRIGUEZ, D.A.; SANTANA, M.O.; SESTINI, M.F. Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000–2016. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 73, p. 197–206, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.06.012.

[31] VILAR, H.N.; MEDEIROS, R.M. (2019). Índice de aridez na Zona da Mata no Estado de Pernambuco - Brasil. Journal of Environmental Analysis and Progress. 4, 14 - 20

[32] VAEZI, A.R.; ABBASI, M.; BUSSI, G.; KEESSTRA, S. Modeling sediment yield in semi-arid pasture micro-catchments, NW Iran. Land Degradation and Development, 10.1002/ldr.2526. 2017a. 28, 1274–1286.

[33] VALENTE, M.L.; REICHERT, J.M.; CAVALCANTE, R.B.L.; MINELLA, J.P.G.; EVRARD, O.; SRINIVASAN, R. 2021. Afforestation of degraded grasslands reduces sediment transport and may contribute to streamflow regulation in small catchments in the short-run. Catena 204, 105371. https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105371.

[34] WMO - World Meteorological Organization. Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970-2019). [S.l]: WMO, 2021. 89 p., Disponível em:

[35] VAEZI, A.R.; ZARRINABADI, E.; AUERSWALD, K. Interaction of land use, slope gradient and rain sequence on runoff and soil loss from weakly aggregated semi-arid soils. Soil and Tillage Research, 172, 22–31. doi: 10.1016/j.still.2017.05.001. 2017b.

[36] ZHAO, G.J; KONDOLF, G.M.; MU, X.M.; HAN, M.W.; HE, Z.; RUBIN, Z.; WANG, F.; GAO, P.; SUN,W. Y. Sediment yield reduction associated with land use changes and check dams in a catchment of the Loess Plateau, China. Catena, 148, 126-137. doi: 10.1016/j.catena.2016.05.010. 2017a.

[37] ZHAO, G.; MU, X.; HAN, M.; AN, Z.; GAO, P.; SUN, W; XU, W. Sediment yield and sources in dam-controlled watersheds on the northern Loess Plateau. Catena, 10.1016/j.catena.2016.09.010. 2017b.

[38] WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, n.26, p.189-193. 1971.

[39] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 58p. 1978.

[40] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geophys. Union, 39:285-291. 19. 1965.

[41] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions of the American Geophysical Union, Washington, v.39, n.2, p.285-291. 1958.

Capítulo 5

Potencial erosivo em solos do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

Rita de Cassia Cunha Saboya
Cristiano José da Silva
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Raimundo Mainar de Medeiros
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo

Resumo: A ocorrência de processos erosivos é um fenômeno natural que acontece em todos os ecossistemas. Estimar o potencial erosivo pluvial no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, aplicando diferentes modelos matemáticos para os dados pluvial mensal e anual compreendido entre 2010-2023. O Fator erosividade (R) foi calculado a partir de registros pluviométricos, esses dados foram compilados para aplicação da fórmula proposta por França (2021) de modo a determinar a erosividade da chuva (R) com base nas médias mensais do índice de erosão. Espera-se que os resultados apresentados neste estudo forneçam informações aos gestores de políticas públicas para que possam minimizar a vulnerabilidade erosiva, especialmente para quem vive nas áreas de riscos, por meio da prevenção e mitigação de eventos catastróficos que podem ocorrer devido ao excesso ou escassez de chuvas. A aplicação de modelo matemáticos diferenciados para de determinação indireta da erodibilidade dos solos proporcionou resultados que devem serem repensados com maiores paciência para ter-se certeza de sua aplicabilidade na área de estudo. Os modelos Oliveira (2012); Rufino (1993) e Leprun (1981) registraram os maiores índices erosivos entre março, abril, maio e junho. O modelo França (2021) seus maiores índice erosivo ocorreu em novembro e dezembro. Os modelos Rufino e Lebrun teve como maior erosão os meses de março e abril. O mês de março foi caracterizado para o modelo Oliveira e novembro/dezembro no modelo França, como maior índice erosivo.

Palavras chave: Modelos matemáticos; Erosão; Impactos ambientais; fertilidade e produtividade agrícola.

INTRODUÇÃO

Segundo Veloso (2016) um dos principais impactos ambientais provocados pelo uso inadequado do solo é a erosão, por resultar em uma perda considerável de sedimentos, na redução da fertilidade e produtividade agrícola, no assoreamento dos cursos d'água e consequente na poluição das águas.

A erosão é um processo natural que consiste no desprendimento e transporte das partículas do solo, possuindo como consequência o assoreamento de corpos hídricos e acarretando a perda da qualidade de água até a extinção de espécies de fauna e flora (Pires, et al., 2002). A deterioração do solo resulta em perda de nutrientes e consequentemente perda da fertilidade, aumentando assim os custos na reparação (Meira et al., 2016; Silva et al., 2020), além de prejuízos econômicos e ambientais para as regiões onde o solo carreado é sedimentado (Santos et al., 2010). Alguns fatores atenuam ou agravam esse tipo de erosão, como precipitação, tipos de solo, uso e ocupação do solo (Simonetti et al., 2019).

França et al, (2021) mostrou que as flutuações climáticas e suas variações nos elementos atmosféricos de 1963-2019, para de Amparo de São Francisco (SE), visando fornecer subsídios ao setor de decisões governamentais e a população em geral para ocorrências de fatores extremos. As séries dos elementos umidade relativa do ar; insolação total; cobertura de nuvens; direção predominante do vento e sua intensidade foram interpoladas das estações meteorológicas circunvizinhas. Os valores da evapotranspiração; evaporação; deficiência hídrica; excedente hídrico e fotoperíodo foram gerados pelo computo do balanço hídrico climatológico. Considera-se que os estudos climáticos, utilizando as aplicações dos índices de variabilidades, são ferramentas importantes na organização e no planejamento urbano/rural. As análises das variabilidades pluviais, evapotranspirativos, evaporativas e térmicas, apresentaram expressivas variabilidades interanual em estudo. Registrou-se acentuado déficit e excedentes hídricos praticamente em dois meses, os índices de umidade, aridez e balanço hídrico foram irregulares no período estudado.

França et al, (2022) mostraram que o fator R é um identificador que divulga o acondicionamento pluvial em ocasionar erosão, em determinada localidade. Os autores estimaram o índice erosivo para Amparo de São Francisco, (SE), através de modelos matemáticos, usando-se dados de chuva mensal de 1963-2019. Computou-se os índices de chuva e do coeficiente de chuva em relação à erosividade diligentes a dez equações. Os modelos Morais et al, (1991) e Silva (2001), mostraram coeficientes de determinações de R^2 0,68 e 0,77 simultaneamente, sendo deste modo verificados como modelos não aplicativos a área estudada. Os demais modelos estudados podem ser utilizados visto que R^2 foram considerados de altas significâncias. Os altos índices erosivos para os dez modelos estudados mostram que de abril a julho registram altos índices erosivos e o menor poder erosivo centra-se no mês de novembro.

Medeiros (2019) caracterizou o potencial erosivo pluvial para os trimestres seco e chuvoso, no Estado do Piauí, utilizando de dados pluviais das 15 microrregiões de seus respectivos dados, compreendidos entre 1962-2016. Na determinação do fator erosividade utilizou a equação proposta por Wischmeier et al. (1958); Wischmeier et al. (1971) e Wischmeier et al. (1978).

Santos Neto et al, (2019) computaram as flutuações espaço-temporal da erosividade das chuvas na bacia do rio Araçuaí - MG. Os resultados apontam uma erosividade média anual na bacia de 9125 MJ mm/ ha h ano. A análise espacial indicou a

existência de um gradiente decrescente de erosividade no sentido Sul-Norte, com os maiores valores nos trechos mais altos da bacia. A análise temporal demonstrou que os maiores valores de erosividade ocorreram no período de outubro a março e os menores valores de abril a setembro.

Considerando a usual vulnerabilidade dos ecossistemas em plantações florestais relacionada, entre outros, à baixa fertilidade natural do solo (Ferreira et al., 2020), relevo movimentado e mecanização, o uso sustentável do solo exige o conhecimento das potencialidades e limitações dos componentes ambientais para subsidiar o planejamento das atividades produtivas e gerenciamento dos recursos naturais (Silva et al., 2014).

Os métodos convencionais que envolvem experimentos de campo para determinar as taxas de erosão e identificar zonas suscetíveis, são caros e requerem uma grande demanda de tempo. Além disso, pode ser impraticável implementar esses procedimentos em uma escala de bacia hidrográfica (Ganasri et al., 2016; Efthimiou et al., 2017). Portanto, o uso de técnicas de modelagem pode ajudar a superar essas limitações e obter resultados precisos e eficazes.

A falta de planejamento e o uso não sustentável dos recursos naturais contribui para a degradação ambiental dos ecossistemas. Estima-se que o mundo já perdeu, desde a metade do Século XX, 1/5 da superfície cultivável e aproximadamente 20% das florestas tropicais. Além disso, a cada ano desaparecem cerca de 25 bilhões de toneladas de húmus por efeito da erosão, desertificação, salinização e outros processos de degradação ambiental (Andrade et al., 2018).

Tem-se como objetivo estimar o potencial erosivo pluvial no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, aplicando diferentes modelos matemáticos para os dados pluvial mensal e anual compreendido entre 2010-2023.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceiras, posiciona-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, localiza-se em 7º43'S e 36º36'W de Greenwich, com 391 metros de altitude, achar na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025).

Figura 1. Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.

Fonte: Medeiros (2026).

A vegetação nativa está perdendo espaço para as algarobas (planta invasora) pois é a vegetação predominante na área estudas além do solo que se encontram alterados devido aos impactos ambientais decorrentes da urbanização e arborização.

clima e suas variações temporais exercem grandes influencias sobre a sociedade e a natureza, podendo ser positiva ou negativa. Sendo o ser humano e a sociedade vulnerável as variações climáticas, as atividades do homem são essencialmente voltadas para a agropecuária e o armazenamento de água e sua distribuição para a sobrevivência. A pergunta que fica atualmente é se o clima global é vulnerável ao homem.

Segundo o método de Thornthwaite (1948) Thornthwaite et al, (1953), o clima é do tipo $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Na Tabela 1 tem-se as equações erosivas (modelos matemáticos) e seus respectivos autores e anos que foram trabalhados neste estudo.

Tabela 1. Equações erosivas e seus respectivos autores e anos.

Equações	Fórmula	Autor(es), Ano
1	$EI_{30} = 139{,}44(Pm\text{^}2/Pa)^{0{,}6784}$	Oliveira et al. (2012)
2	$Rx = 19{,}44 + (4{,}20 * Mx)$	Rufino et al. (1993)
3	$EI_{30} = 0{,}3908(P)^{1{,}651}$	França (2021)
4	$Rx = 0{,}13*(M_x^{1{,}24})$	Leprun (1981)

Fonte: Medeiros (2026).

A Equação 1 desenvolvida por Oliveira et al. (2012) tomado por base o modelo de Fournier (1960)

Onde:

Pm precipitação mensal (mm);

Pa precipitação anual (mm).

Rufino et al. (1993) desenvolveram a equação 2, baseada em modelo linear para determinação da erosividade de uma localidade tendo como base os dados pluviométricos.

Onde:

Rx - fator R (MJ mm / ha h ano);

Mx - precipitação mensal (mm) e

P - Precipitação anual (mm).

O Fator erosividade (R) foi calculado a partir de registros pluviométricos, esses dados foram compilados para aplicação da fórmula proposta por França (2021) de modo a determinar a erosividade da chuva (R) com base nas médias mensais do Índice de Erosão (EI).

Onde:

EI = Erosividade média mensal (MJ.mm.h^{-1}.ha^{-1});

r = Precipitação média mensal (mm);

P = Precipitação média anual (mm).

O valor do fator erosividade (R) obtido foi resultado da somatória das médias mensais da erosão.

Leprun, (1981), estudando a precipitações da região Nordeste, desenvolveu a Equação 04, através de modelo exponencial.

Onde:

Rx representa o fator R (MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}), que expressa a erosividade média para a região de estudo;

Mx, representa os valores de precipitação média (mm).

Os dados erosivos, usados para realização da classificação foram os propostos por Santos, (2008), de acordo com a Tabela 2)

Tabela 2 – Classificação do índice erosivo mensal e anual

Classes erosivas	Erosividade (MJ mm/ha h mês)	Erosividade (MJ mm/ha h ano)
Muito baixa	R≤250	R≤2500
Baixa	250<R<500	2500<R<5000
Média	500<R<700	5000<R<7000
Alta	700<R<1000	7000<R<10000
Muito alta	R>1000	R>10000

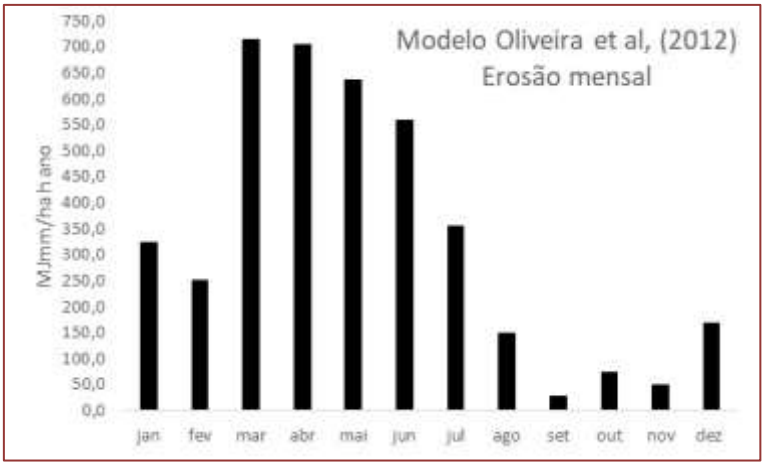
Fonte: Santos (2008).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Acatado como um dos elementos mais expressivos para a inclusão do fenômeno erosivo (Couto, 2015). Diversos métodos indiretos, são utilizados para se obter o cômputo da erodibilidade estabelecidas para determinação deste fenômeno nos solos, visto o longo período de tempo necessário para observações em condições naturais (Barbosa et al., 2019).

Na figura 2, tem-se as variações das distribuições erosivas mensais, pelo modelo Oliveira et al, (2012) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023. As oscilações erosivas centra-se nos meses de março com alta erosividade (712,9 MJ mm/há h ano) e setembro (27,0 MJ mm/há h ano) de baixa erosividade, com valor anual de 7744,2 (MJ mm/há h ano). O quadrimestre março-junho é o de maior poder erosivo, o quadrimestre de menor poder erosivo é de agosto a setembro. Tais variabilidades corroboram como estudo de Santos et al, (2012).

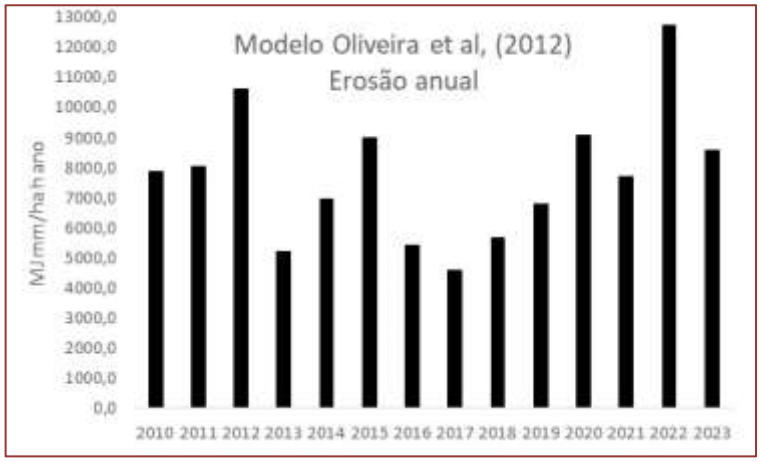
Figura 2 – distribuição erosiva mensal, pelo modelo Oliveira et al, (2012) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: Medeiros (2026).

Os resultados dos índices erosivos da pluviometria foi estimado com os dados de chuvas utilizando-se do modelo matemático desenvolvido por Oliveira et al, (2012), descrito na equação 1, da tabela 1 e demostrado na Figura 3. A erosividade anual de 7744,2 MJ mm/ ha h ano. O ano de 2022, com maior índice erosivo totalizando 12757,9 MJ mm/há h ano e seu menor índice erosivo anual registrou-se em 2017 com 4595,5 MJ mm/há h ano. O modelo estudado, registrou 109 classificações muito baixa, o que representa baixo risco de desagregação do solo pelo impacto das gotas de chuva.

Figura 3 – distribuição erosiva anual, pelo modelo Oliveira et al, (2012) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: Medeiros (2026).

Pinheiro et al, (2018) a grande variabilidade espacial da erosividade no Brasil é natural, decorrente das diferentes variações climáticas entre as diversas regiões do País, indicando grande variabilidade no risco de erosão hídrica.

Segundo a classificação erosiva, (Tabela 3) pelo modelo de Oliveira et al, (2012), registrou-se sete classificações média; 17 classificações alta; 109 classificações muito baixa e as classificações bixa e muito alta com 27 e 22 classificações respectivamente,

(Tabela 3). Estas oscilações foram decorrentes dos movimentos verticais discentes, e das contribuições regional e local.

Destaca-se os anos que se registou erosividade muito alta, 2012; 2013; 2016; 2018; 2019 e 2022. Chama-se a atenção do seguintes meses e anos onde os índices erosivos foram muito alto. Fevereiros dos anos de 2013 e 2015; março de 2018 e 2022; abril de 2014; 2016 a 2019; maio de 2022 e 2023; junho de 2010 e 2011.

Estes índices erosivos muito alto, foram ocasionadas por chuvas de magnitudes intensa a forte e em curto intervalo de tempo. Estas implicações erosivas se assemelham aos obtidos por Cantalice et al. (2009), estimados aos índices de erosividade de Pernambuco.

Tabela 3 - classificação do índice erosivo mensal e anual, segundo o modelo Oliveira et al (2012).

Anos/ Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2010	M	MB	B	B	MB	MA	MB	MB	MB	B	MB	MB	A
2011	M	MB	B	B	MB	MA	MB	B	MB	B	MB	MB	A
2012	A	MB	A	A	MA	B	MB	B	MB	MB	MB	MB	MA
2013	M	MA	B	MB	MB	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2014	MB	MB	MB	MA	MB	B	MB	MB	MB	MB	B	B	MA
2015	MB	MA	MB	B	MA	B	B	MB	MB	MB	MB	A	A
2016	A	B	MB	MA	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2017	MB	MB	MB	MA	MB	B	A	MB	MB	MB	MB	MB	B
2018	MB	MB	MA	MA	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2019	MB	MB	M	MA	MB	MB	A	B	MB	MB	MB	MB	MA
2020	MB	MB	MA	A	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	A
2021	MB	MB	M	M	M	B	B	MB	MB	MB	MB	B	A
2022	MB	MB	A	MB	MA	A	MB	B	MB	MB	MB	B	MA
2023	MB	MB	A	B	MA	A	MB	MB	MB	MB	MB	MB	A

Legenda: A = Alta; MB = Muito baixa; B = Baixa; m = média; ma = Muito alta.

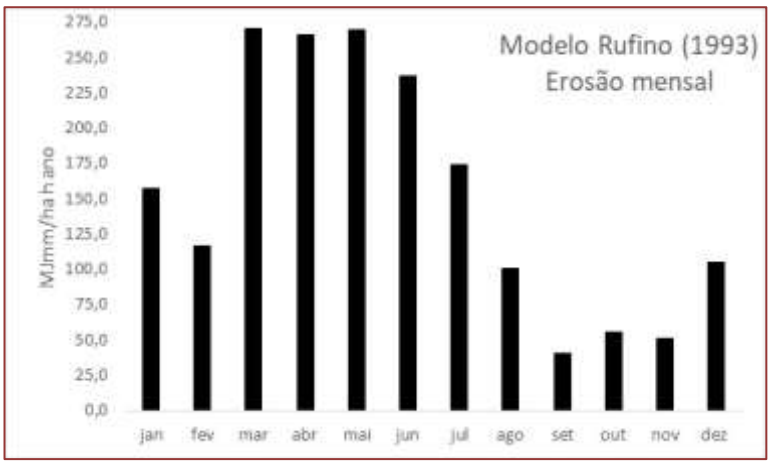
Fonte: Medeiros (2026).

Silva Neto et al, (2020) afirmaram que as oscilações erosivas estão diretamente ligada à intensidade pluvial, deste modo, a medida em que a relação intensidade-duração-frequência pluvial aumenta, maior será o seu potencial erosivo (Fator R).

O modelo matemático de Rufino (1993), registrou erosividade anual de 1627,4 MJ mm/há h ano, com flutuações mensais oscilando de 40,2 (setembro) MJ mm/há h ano a 270,0 (maio) MJ mm/há h ano. O quadrimestre de alta intensidade erosiva centrou nos meses de maio a junho. Os baixos índices erosivos ocorrem entre agosto a novembro. O modelo de Rufino (1993), registrou 154 classificações muito baixa, representando baixo risco de desagregação do solo pelo impacto das chuvas.

Registrou-se chuvas moderadas a forte em curto intervalos de tempo, ocasionando variações erosivas, diferencias no período estudado, (Figura 4). O estudo de Cantalice et al, (2009) e Medeiros et al (2021), registram similaridades erosivas.

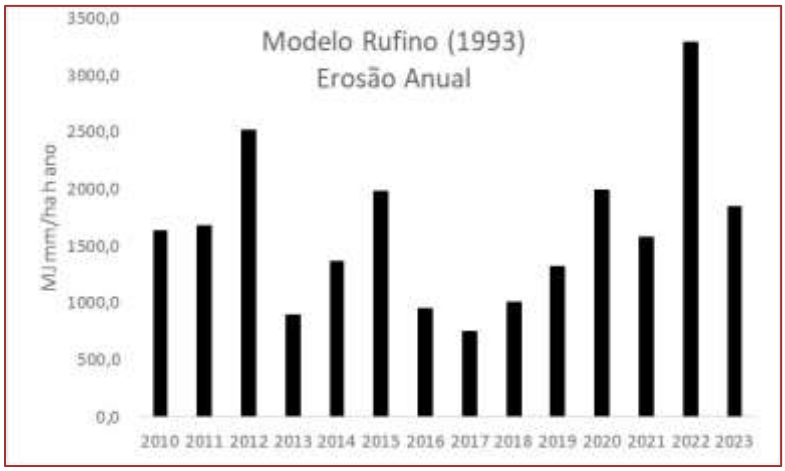
Figura 4 – distribuição erosiva mensal, pelo modelo Rufino (1993) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição erosiva anual, pelo modelo Rufino (1993), (Figura 5), registrou ocorrências pluviais fluindo superior a 2500 mm nos anos de 2012 e 2022; pluviometria registrada entre 1500 mm a 2000 mm nos anos de 2010; 2012; 2015; 2020; 2021 e 2023. Com chuvas anuais oscilando de 1000 mm a 1500 mm, ocorreram nos anos 2014; 2018 e 2019. E nos anos 2013; 2016 e 2017 os índices pluviais foram inferiores aos 1000 mm. O estudo de Cantalice et al, (2009), registra similaridades erosivas

Figura 5 – distribuição erosiva anual, pelo modelo Rufino (1993) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: Medeiros (2026).

As classificações de acordo com o modelo de Rufino (1993), Tabela 4, registaram as seguintes variações nas classificações, 28 tipos baixa; 4 tipos altas; 12 tipos muito alta e dois tipo média, as contribuições local e regional, foram de fracas intensidades, o que auxilio o maior número de classificações (154) muito baixa.

Destaca-se os anos 2010 a 2012; 2014 e 2015; 2018 a 2023, com índices erosivos muito alto, decorrente das flutuações pluviais fortes a intensas, ocasionadas por movimentos verticais descendentes e dos auxílios regional e local. Na distribuição mensal registrou-se o mês de maio de 2022, com índices erosivos muito alto, ocasionada por chuva extrema e forte.

Tabela 4 - classificação do índice erosivo mensal e anual, segundo o modelo Rufino (1993).

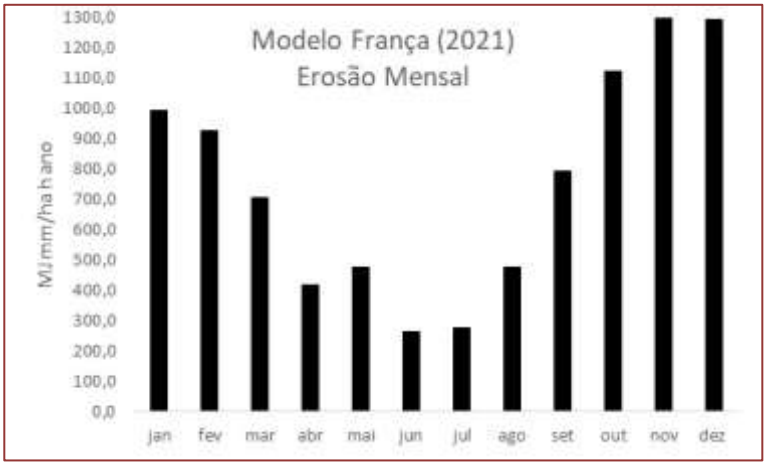
Anos/ Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2010	B	MB	MB	MB	MB	M	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2011	B	MB	MB	MB	MB	M	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2012	B	MB	B	B	MB	B	B	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2013	MB	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	A
2014	MB	MB	MB	B	MB	MB	B	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2015	MB	B	MB	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2016	B	MB	MB	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	A
2017	MB	MB	MB	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	A
2018	MB	MB	B	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2019	MB	MB	MB	B	MB	MB	B	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2020	MB	MB	A	B	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2021	MB	MB	B	B	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2022	MB	MB	MB	MB	MA	B	B	MB	MB	MB	MB	MB	MA
2023	MB	MB	B	MB	B	B	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MA

Legenda: A = Alta; MB = Muito baixa; B = Baixa; m = média; ma = Muito alta.

Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição erosiva mensal, pelo modelo França (2021), (Figura 6), registrou nos meses de setembro a fevereiro, as maiores taxas erosivas, entre março a agosto os menores poderes erosivos, o quadrimestre setembro a janeiro com o maior índice erosivos; entre maio a agosto as menores erosões. As erosões fluiram de 200 MJ mm/h h ano a 1300 MJ mm/há h ano.

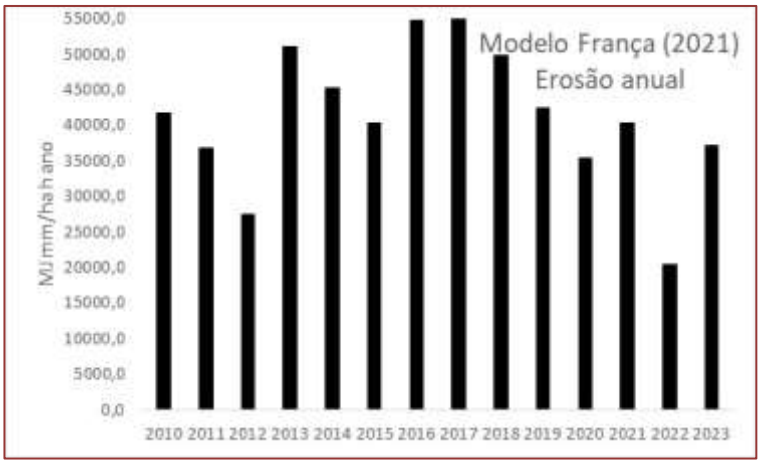
Figura 6 – distribuição erosiva mensal, pelo modelo França (2021) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: Medeiros (2026).

O resultado do modelo França (2021) para a erosão anual, mostrado na figura 7, tem média de 41276,8 MJ mm/há h ano, com flutuações internos fluindo de 20418,3 (2022) a 54942,2 MJ mm/há h ano. Os anos com valores erosivos superiores a 40000 MJ mm/há h ano, foram 2010; 2013 a 2019; 2021 e 2023. Os anos 2012; 2020 e 2022 registaram erosão inferior aos 40000 MJ mm/há h ano. Similaridades erosivas, podem serem detectadas no estudo de Cantalice et al, (2009).

Figura 7 – distribuição erosiva anual, pelo modelo França (2021) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: Medeiros (2026).

De acordo com a tabela 5, registrou-se 19 classificações baixa; 33 classificações muito baixa; 39 classificações alta, 68 e 21 classificações muito alta e média. As flutuações erosivas anuais compreendida entre 2010 a 2023 foi classificada como, muito alta, no modelo de França (2021). Salienta-se e chama-se a atenção da classificação muito alta, distribuídos inter meses, elas foram ocasionadas pela instabilidade, formação de linhas convectivas e as contribuições local e regional.

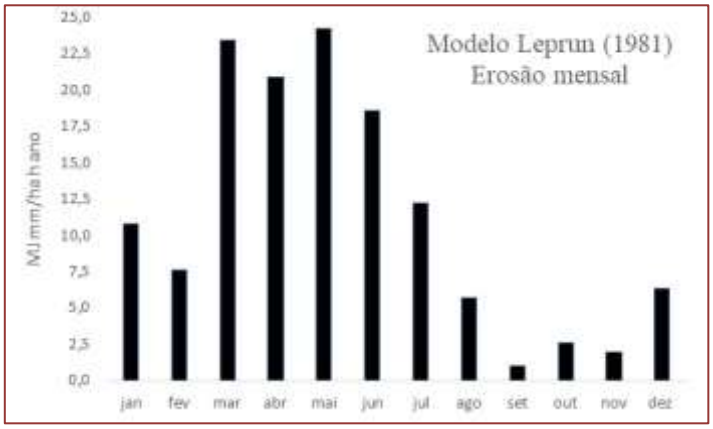
Tabela 5 - classificação do índice erosivo mensal e anual, segundo o modelo França (2021).

Anos/ Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2010	A	MA	MA	A	A	MB	MB	B	A	M	MA	MA	MA
2011	M	MA	A	M	A	MB	MB	MB	A	M	MA	MA	MA
2012	MB	MA	MB	MB	MB	MB	MB	MB	A	MA	MA	MA	MA
2013	A	B	A	MA	M	B	B	A	A	MA	MA	MA	MA
2014	MA	MA	MA	MB	A	B	MB	B	A	MA	A	MA	MA
2015	MA	A	MA	B	MB	B	B	M	A	MA	MA	A	MA
2016	A	A	MA	B	A	M	MB	M	A	MA	MA	MA	MA
2017	MA	MA	MA	B	A	M	MB	M	A	MA	MA	MA	MA
2018	MA	MA	MB	MB	A	M	M	A	A	MA	MA	MA	MA
2019	A	A	B	MB	M	B	MB	MB	A	MA	MA	MA	MA
2020	MA	A	B	MB	MB	B	M	M	A	MA	MA	MA	MA
2021	A	A	M	B	MB	MB	MB	B	A	MA	MA	MA	MA
2022	M	MA	B	M	MB	MB	MB	MB	B	MA	A	A	MA
2023	MA	A	B	M	MB	MB	M	M	A	MA	MA	MA	MA

Legenda: A = Alta; MB = Muito baixa; B = Baixa; m = média; ma = Muito alta.
Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 8 tem-se a distribuição erosiva mensal, pelo modelo Leprun (1981), onde se registrou média anual de 212,5 MJ mm/há h ano, as oscilações mensais fluiram de 1,0 MJ mm/há h ano (setembro) a 24,2 MJ mm/há h ano (maio). O quadrimestre de maior poder erosivo ocorreu entre março a junho, e o de menor poder erosivo de agosto a novembro, os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e julho, com moderada erosividade. A distribuição mensal por apresentar valores muito inferior ao nível mais baixo definido por Carvalho (2008), conforme Tabela 1.

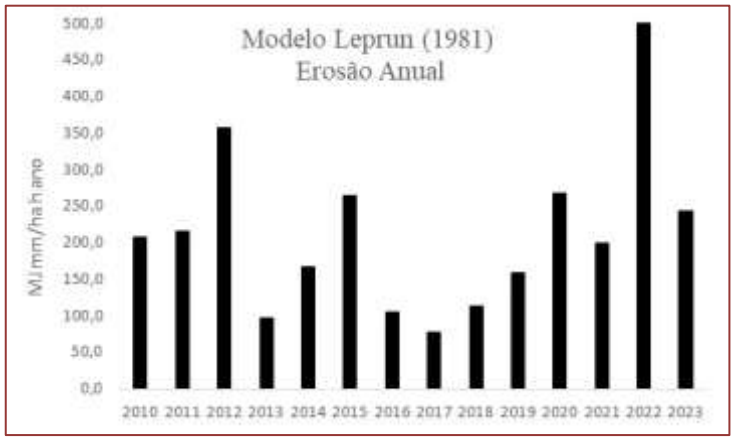
Figura 8 – distribuição erosiva mensal, pelo modelo Leprun (1981) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: MEdeiros (2026).

As flutuações erosivas anual oscilaram de 77,4 MJ mm/há h ano (2017) a 500,1 MJ mm/há h ano (2022), com 212,5 MJ mm/há h ano, anual. Os anos de baixas erosividade inferior à média foram: 2010; 2013; 2014; 2016 a 2019 e 2021. Com índices erosivos próximo a média ocorreu no ano de 2011. Os anos de 2012; 2015; 2020; 2022 e 2023, suas erosividade foram superiores à média. Na figura 9. O estudo de Cantalice et al, (2009), registra similaridades erosivas.

Figura 9 – distribuição erosiva anual, pelo modelo Leprun (1981) para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023.



Fonte: Medeiros (2026).

Amaral et al. (2014), utilizando o modelo proposto por Lombardi Neto et al, (1992), para os dados pluviométricos do estado da Paraíba, obteve um coeficiente determinação geral para o estado de 0,94. Chaves et al. (1997), analisando os dados pluviométricos de Patos, PB, registrou um coeficiente de determinação de 0,78, entre o índice de erosividade e o coeficiente de chuva.

O Fator R estima o fenômeno produzido pelas chuvas, quando as gotas de água impactam o solo em função de sua energia cinética. Pode-se afirmar que o fator R é o índice de erosão pelas chuvas, que expressa a capacidade de uma chuva erodir um solo desprotegido (Xavier et al., 2019).

Na classificação do índice erosivo mensal e anual, segundo o modelo Leprun (1981), Tabela 6, registrou-se dois tipos de classificações. A classificação muito baixa com 176 vezes de ocorrência e a classificação baixa com quatro vezes. Estas flutuações estão interligadas às flutuações pluviais do período interanuais. Conforme afiram Marengo et al (2021); Marengo et al (2008).

Para os autores os resultados do valor limite da classe de erosividade muito baixa (R≤250), por apresentar valores muito inferior ao nível mais baixo, está representado na escala de classificação de carvalho (2008), como demonstrado na tabela 6.

Tabela 6 - classificação do índice erosivo mensal e anual, segundo o modelo Leprun (1981).

Anos/ Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2010	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
2011	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
2012	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B
2013	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
2014	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
2015	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B
2016	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
2017	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
2018	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
2019	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
2020	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B
2021	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
2022	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	B
2023	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB

Legenda: MB = Muito baixa; B = Baixa.
Fonte: Medeiros (2026).

Os valores inter anuais erosivos e o cálculo do fator R, (MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}), que expressa a erosividade média para a região de estudo, estão representados na tabela 7.

O modelo França (2021) e o de Oliveira et al, (2012) sobre estimaram os valores erosivos inter anuais. O modelo Rufino apresentou índices erosivos moderados, onde se julga ser o mais indicado para estudo na região. Com sub estimação registrado no modelo Lebrun, onde não se recomenda para estudo na área.

Tabela 7- Índices erosivos inter anuais, seguidamente dos cálculos de R (MJ mm/há h ano), por modelos.

Anos/modelos	Oliveira	Rufino	França	Lebrun
2010	7898,1	1631,8	41716,4	208,1
2011	8050,9	1678,0	36883,8	215,6
2012	10616,4	2513,0	27463,2	357,4
2013	5209,8	892,6	50964,4	97,3
2014	6981,9	1363,9	45280,0	166,1
2015	9017,0	1979,6	40316,0	265,2
2016	5443,6	951,0	54827,8	105,4
2017	4595,5	745,2	54942,2	77,4
2018	5656,4	1005,2	49782,3	113,1
2019	6816,7	1317,2	42386,9	159,0
2020	9069,4	1996,4	35416,0	268,0
2021	7717,0	1577,6	40325,3	199,5
2022	12757,9	3288,7	20418,3	500,1
2023	8588,8	1843,9	37152,7	242,6
R	108419,4	22784,2	577875,4	2974,9

Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

As flutuações presentes nos índices erosivos e o desenvolvimento populacional precisam ser explorados visando verificar possíveis contribuições nas alterações climáticas da área estudada, região estas que apresentam maiores ocupações de áreas de risco, refletindo em maiores desastres naturais.

Espera-se que os resultados apresentados neste estudo forneçam informações aos gestores de políticas públicas para que possam minimizar a vulnerabilidade erosiva, especialmente para quem vive nas áreas de riscos, por meio da prevenção e mitigação de eventos catastróficos que podem ocorrer devido ao excesso ou escassez de chuvas.

A aplicação de modelo matemáticos diferenciados para de determinação indireta da erodibilidade dos solos proporcionou resultados que devem serem repensados com maiores paciência para ter-se certeza de sua aplicabilidade na área de estudo.

Os modelos Oliveira (2012); Rufino (1993) e Leprun (1981) registraram os maiores índices erosivos entre março, abril, maio e junho. O modelo França (2021) seus maiores índice erosivo ocorreu em novembro e dezembro. Os modelos Rufino e Lebrun teve como maior erosão os meses de março e abril. O mês de março foi caracterizado para o modelo Oliveira e novembro/dezembro no modelo França.

REFERENCIAS

[1] AMARAL, B.S.D; DANTAS, J.C.; SILVA, R.M; CARVALHO NETO, J.F. Variabilidade da erosividade das chuvas no Estado da Paraíba. Revista Brasileira Geografia Física, v.7, p.691-701, 2014.

[2] BARBOSA, R.S.; MARQUES, J.; BARRON, V.; MARTINS, M.V.; SIQUEIRA, D.S.; PELUCO, R.G.; SILVA, L.S. Prediction and mapping of erodibility factors (usle and wepp) by magnetic susceptibility in basalt derived soils in northeastern São Paulo state, Brazil. Environmental Earth Sciences, v.78, n.1, p.12, 2019.

[3] CHAVES, I.B.; LEITE JÚNIOR, G.P.; MAIA NETO, F.F. Análise da pluviometria e da erosividade das chuvas de Patos (PB). In: congresso brasileiro de ciência do solo, 26, 1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-Rom.

[4] Cantalice, J.R.B.; Bezerra, S.A.; Figueira, S.B.; Inácio, E.S.B.; Silva, M.D.R.O. (2009). Linhas isoerosivas do estado de Pernambuco - 1ª aproximação. Revista Caatinga, 22(2), 75-80.

[5] COUTO, B.O.C. Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos. 124f. Dissertação (mestrado em geotecnia). Universidade federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2015.

[6] EFTHIMIOU, N.; LYKOUDI, E.; PANAGOULIA, D.; KARAVITIS, C. (2017). Avaliação da susceptibilidade do solo à erosão utilizando os modelos EPM e RUSLE: o caso da bacia do rio Venetikos. Global Nest Journal, v.18, n.1, p.164-179. https://doi.org/10.30955/gnj.001847.

[7] FERREIRA, C.F.; BASSACO, M.V.M.; ARAÚJO, E.M.; PAULETTI, V.; PRIOR, S.A.; MOTTA, A.C.V. (2020). Gypsum effects on eucalyptus nutrition in subtropical Brazil. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n.5, p.25160-25177.

[8] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; SOUZA, F.A. S.; ROLIM NETO, F.C. Erosivity Index Obtained with Mathematical Models for The Municipality of Amparo De São Francisco, Sergipe State, Brazil Ijsrm.Human, Vol. 19 (4): 77-97. 2021.

[9] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R.; HOLANDA, R.M. Balanço hídrico e erosividade nas microrregiões do Estado da Paraíba, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 10, 2020. e789106121, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.6121.

[10] GANASRI, B.P; RAMESH, H. (2016). Avaliação da erosão do solo pelo modelo RUSLE usando sensoriamento remoto e SIG - Um estudo de caso da Bacia de Nethravathi. Geoscience Frontiers, v. 7, n. 6, pág. 953-961, https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.10.007

[11] KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388. 1931.

[12] KÖPPEN, W.; Geiger, R, "Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes". Wallmap 150cmx200cm. 1928 .

[13] LEPRUN, J.C. A erosão, a conservação e o manejo do solo no nordeste brasileiro: balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas. Recife: SUDENE, 1981.

[14] LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em campinas, SP. Bragantia, v.51, n.2, p.189-196, 1992.

[15] MEDEIROS, R.M. Isolinhas erosivas do Estado do Piauí. Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 12, n. 1, jun. 2019. ISSN 1981-4089.

[16] MEIRA, R.T.; SABONARO, D.Z.; SILVA, SILVA, D.C.C. Elaboração de Carta de Adequabilidade Ambiental de uma pequena propriedade rural no município de São Miguel Arcanjo, São Paulo, utilizando técnicas de geoprocessamento. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, p. 77-84, 2016. DOI 10.1590/S1413-41520201600100133687.

[17] PINHEIRO, A.G.; SANTOS, J,C,N.; PALÁCIO, A.Q.; ARAUJO NETO, J.R.; ANDRADE, E. M, 2018. Eficiência da cobertura vegetal na redução das perdas de água e solo no município de Iguatu. Irriga [online] 23, p.133-142.

[18] PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E.; PIRES, A.M.Z.C.R. Análise de riscos ambientais no entorno de uma Unidade de Conservação (estação Ecológica de Jatai, Luiz Antônio, SP). In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A.F.M. (ed.). Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações. Ilhéus: Editus, 2002, p.17-36.

[19] RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M.; MERTEN, G.H. Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.17, n.1, p.439-444, 1993.

[20] SANTOS, G.G.; GRIEBELER, N.P.; OLIVEIRA, L.F.C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.2, p.115-123, 2010. DOI 10.1590/S1415-43662010000200001

[21] SANTOS NETO, JR, Christofaro, C. (2019). Erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Araçuaí-MG. Bol. geogr., Maringá, v. 37, n. 3, p. 40-50, 2019. DOI: https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i3.37522.

[22] SANTOS, T.E.M.; MONTENEGRO, A.A.A. (2012). Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. Revista Brasileira de Engenharia. Agrícola e Ambiental, 16(8), p.871-880.

[23] SIMONETTI, V.C. et al. Water quality indices as a tool for evaluating water quality and effects of land use in a tropical catchment. International Journal of River Basin Management, p. 1-12, 2019. DOI 10.1080/15715124.2019.1672706.

[24] SILVA NETO, V.L.; SILVA, B.E.D.; JUNIOR, W.B.L.; FABRIS, Z.V.; RODRIGUES, P.J. A.W. 2020. Distribuição espacial da erosividade das chuvas na bacia do rio Manuel Alves da Natividade, Tocantins. Sociedade & Natureza [online] 32, 161-175. Disponível: https://doi.org/10.14393/ SN-v32-2020-46182

[25] SILVA, V.A.; MOREAU, M.S.; MOREAU, A.M.S.S.; REGO, N.A.C. Uso da terra e perda de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Colônia, Bahia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.3, p.310–315, 2020.

[26] SILVA, M.A. et al. (2014). Water erosion risk prediction in eucalyptus plantations. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 38, n. 2, p. 160-172.

[27] SILVA, L.M. Atlas ambiental como subsídio aos estudos de sustentabilidade - a bacia do Araçuaí no Vale do Jequitinhonha - MG. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

[28] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. 58p. Agriculture Handbook 537.

[29] WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, n.26, p.189-193. 1971.

[30] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions of the American Geophysical Union, Washington, v.39, n.2, p.285-291. 1958.

[31] XAVIER, J.P.S.; BARROS, A.H.C.; WEBBER, D.C.; ACCIOLY, J.O.; MARQUES, F.A.; FILHO, J.C.A. SILVA, A.B, 2019. Estimativa da erosividade da chuva por diferentes métodos e seu impacto na equação universal de perdas de solo, no semiárido pernambucano. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 12, 859-875. Disponível: https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.3. p859-875.

Capítulo 6

Estimativa e classificação temporal erosiva empregando diferentes modelos de chuva no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

Rita de Cassia Cunha Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Raimundo Mainar de Medeiros
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Cristiano José da Silva

Resumo: Estudos sobre o poder erosivo são eficazes para a concretização de ações de recuperação e manejo do solo na região semiárida Nordestina. Visando analisar a estimativa e classificação temporal erosiva empregando diferentes modelos de chuva entre 2010-2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil. Determinou-se o potencial erosivo da chuva, utilizando-se do Coeficiente de Chuva e comparando-se os Índices de Erosivos proposto pelos modelos matemáticos de Santos et al., (2014); Lombardi Neto et al., (1992) e Silva (2004). O modelo Silva é o que mais superestima as avaliações erosivas. A classificação erosiva anual indicam que os modelos de Silva e de Lombardi Neto foram classificados como muito forte. O modelo de Santo foi classificado como fraco. A escolha de um modelo inadequado para estimar o EI30 levará a resultados equivocados e não será possível calcular com precisão os valores de perda de solo.

Palavras-chave: Estimativa erosiva; Modelos erosivos; Coeficiente chuva; região semiárida Nordestina.

INTRODUÇÃO

A unidade básica de sustentação em toda a vida é um ecossistema é o solo. Todavia, o mau uso aliado a fatores abióticos muitas vezes limita seu potencial produtivo e, consequentemente, a disponibilidade e a qualidade dos recursos naquele ambiente (Andrade et al., 2020).

Segundo (Santos et al., 2017; Brandão et al., 2023) mostraram que estudos sobre as variabilidades pluviais e seu poder erosivo são essenciais para recuperação, manejo sustentável com maior vulnerabilidade do solo e segurança alimentar em ambientes semiáridos. Tendo como principal agente determinante desse desequilíbrio ambiental é oscilação pluvial como: altura, intensidade, duração, diâmetro e velocidade das gotas, intensidade máxima em 30 minutos e energia cinética (Brasil et al., 2022; Brasil et al., 2024).

Os autores (Guerreiro et al., 2022; Guerreiro et al., 2013 e Andrade et al., 2016) mostraram que na região semiárida brasileira, a pluviometria apresenta-se desiguais na escala espaço temporal, onde as ocorrências pluviais agrupar-se de janeiro e abril e baixa incidência de chuvas nos períodos imediatos do ano. Santos et al, (2017) afirmaram que nesta região, as consequências da erosão hídrica são críticas, por apresentam solos rasos e em diversos locais a flora nativa está sendo substituída por pastagens, entre outras atividades.

Medeiros et al, (2019) determinaram o índice de erosividade para Areia - Paraíba e os maiores valores erosivos registrou-se de março a agosto, coincidindo com o período chuvoso, e com os restos de cultivos. Entre setembro a fevereiro, ocorreram as reduções erosivas, sendo o seu período seco.

França et al, (2020) aplicaram a técnica da geoespacionalização para gerar mapas pluviais erosivos, analisadas pela equação da perda do solo, probabilidade, tempo de retorno e suas classificações erosivas, para a bacia hidrográfica do rio Paraíba (BHRP). As áreas cultiváveis da BHRP e seus entornos ao longo do seu território, onde as regiões climáticas tem diferentes potencialidades erosivos. Para os autores o estudo contribuiu nos auxílios das políticas de planejamento e das gestões local e regional, como subsídio a novos desenvolvimentos de projeto no combate a erosão.

Diversos pesquisadores correlacionaram o Índice de Erosividade (EI_{30}) com o Coeficiente de Chuva (R_C), conhecido como Índice de Fournier (Fournier, 1960), que é facilmente obtido a partir do registro dos totais pluviais diários (Ribeiro Filho et al., 2017; França 2021; França 2020; Silva 2001; Silva (2004); Ribeiro Filho et al., 2017e Morais 1991). Modelos foram desenvolvidos para diferentes regiões do Brasil, utilizando parâmetros mais simples como chuva média anual e mensal para determinar o Coeficiente de Chuva e o Índice de Erosividade (Teixeira et al., 2022; Wang et al., 2024). Os mais utilizados são o modelo de Lombardi Neto; Moldenhauer (1992) em Campinas (SP) e Silva (2004) para a região Nordeste do Brasil. O modelo de Santos et al. (2014) foi calibrado na escala de eventos pluviométricos individuais, relacionando o R_C aos dados do EI_{30} estimados pelo modelo padrão de Wischmeier et al, (1978).

De acordo com (Brychta et al., 2022) existem diversas variáveis e formas de quantificar a erosividade de uma região, para tanto, a aquisição de séries climatológicas confiáveis, tempo de resolução dos registros da chuva ainda são fatores limitantes para a realização dessa prática confiáveis.

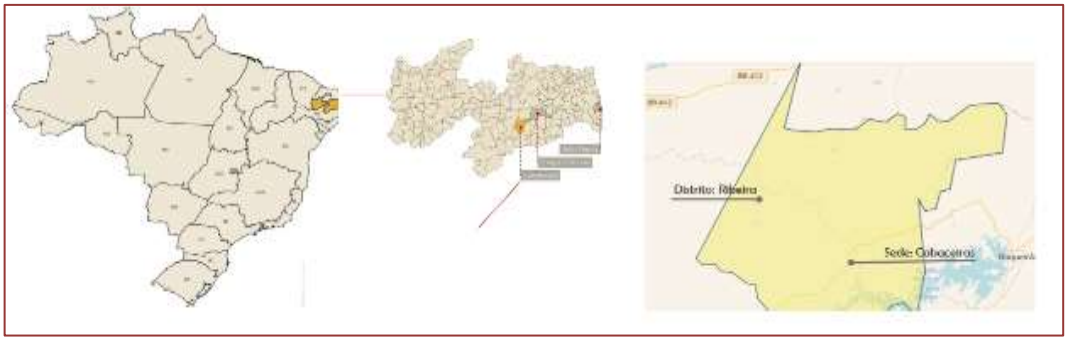
Para Santos et al, (2022) e Zhao et al, (2024) as incerteza nos diferentes modelos matemáticos de estimativa do índice erosivo, e sabendo-se que estas estimativas são eficazes para a adoção de medidas de preservação e conservação do solo e água.

Objetiva-se em analisar, estimar temporalmente a erosividade empregando diferentes modelos matemáticos de chuva entre 2010-2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira posiciona-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema (Figura 1) no Estado da Paraíba, localiza-se nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com altitude de 391 metros, localizada na área baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025).

Figura 1. Posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

O seu regime pluvial é irregular e má distribuído, sendo uma característica da região Nordeste, em função disto sua sazonalidade concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses chuvoso, (Silva 2004). Os dados pluviais (mm) foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos (Cabaceiras; São Domingos do Cariri; Boqueirão, Barra de São Miguel, São João do Cariri e Boa Vista), esta interpolação levou em conta a distância intermunicipais, onde cada local tem seu peso, gerando a série pluvial de 2010 – 2024. Os dados, trabalhados foram as chuvas mensais e anuais. Em seguida, os coeficientes de chuvas (R_C) para cada mês foram obtidos através da equação relatada por Fournier (1960), em que R_C é a relação entre a chuva média mensal e chuva média anual (Equação 1):

$$R_c = P^2/p \qquad (1)$$

Onde:

R_C - Coeficiente de chuva para cada mês;

p^2 - Chuva média mensal (mm); e

P - chuva média anual (mm).

Após o cômputo dos dados dos coeficientes de chuva para a série de dados trabalhados, utilizou-se de três modelos matemáticos para estimativa do índice de

erosividade (EI_{30}) demonstrada na tabela 1 Os modelos 3 e 4 são os mais utilizados para estimativa do EI_{30} no Brasil (Teixeira et al., 2022; Wang et al., 2024), por isso foram usados para comparar o desempenho dos modelos para diferentes condições climáticas em relação área de estudo.

Tabela 1 – Ordem das equações, modelos matemáticos e Autor (es), anos que desenvolveram os referidos modelos.

Ordem	Modelos matemáticos	Autor (es), anos
2	$EI_{30} = - 0{,}0787 * R_C^2 + 44{,}201 * R_C$	Santos et al. (2014)
3	$EI_{30} = 68{,}730 * R_C^{0{,}841}$	Lombardi Neto; Moldenhauer (1992)
4	$EI_{30} = 42{,}307 * R_C + 69{,}763$	Silva (2004)

Fonte: Adaptada Medeiros (2025).

Onde:

EI_{30} - Índice de Erosividade da chuva (MJ ha^{-1} mm^{-1} h^{-1}); e

R_C - Coeficiente de chuva mensal (mm).

Para determinar o fator erosividade foram usadas as equações propostas Santos et al. (2014); Lombardi Neto et al, (1992) e Silva (2004) e sua comparação entre as equações para o uso no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba

Na realização da classificação climática do potencial erosivo anual da chuva, aplicou-se a metodologia desenvolvida por Carvalho (2008), como demonstrada na tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do potencial erosivo anual da chuva.

Erosividade (Mj mm(ha h)$^{-1}$)	Classe de erosividade
R ≤ 2452	Fraca (Fr)
2452 < R ≤ 4905	Moderada (M)
4905 < R ≤ 7357	Moderada a forte (MF)
7357 < R ≤ 9810	Forte (F)
R > 9810	Muito forte (MF)

Fonte: Carvalho (2008).

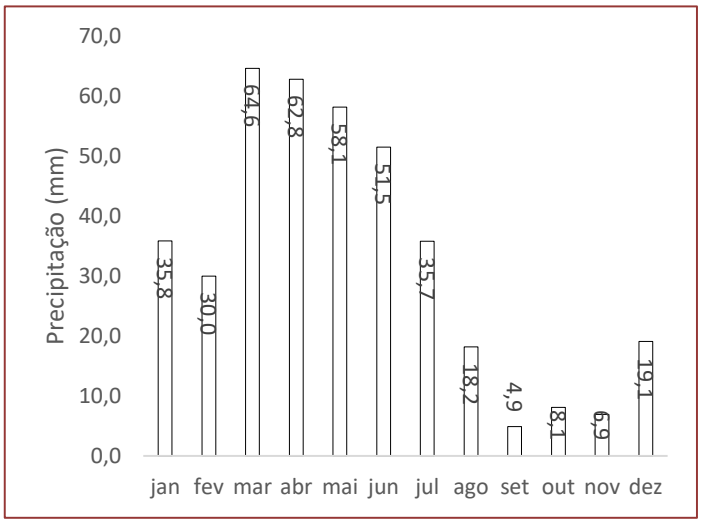
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inclusão do potencial erosivo pluvial afirma a adoção de práticas de conservação e manejo do solo (Matos et al., 2017), portanto, o consignação desses índices no contorno territorial de uma bacia hidrográfica coopera para a redução das taxas de perdas de solo (França et al., 2020). Nesse desígnio, em regiões sob clima tropical as precipitações são elevadas, ocasionando índices superior ao do fator R, especialmente pela alta concentração em épocas específicas do ano (Andrade et al., 2022).

Durante 15 anos de dados coletados, a variabilidade pluvial oscilou de 4,9 mm (setembro) a 64,6 mm (março) (Figura 2), evidenciando a alta variabilidade de distribuição temporal das chuvas durante os eventos, os meses de janeiro a julho registra-se os maiores índices pluviais e entre setembro a novembro os menores, os meses agosto e dezembro registram valores intermediários. Tais variabilidade pluviais foram decorrentes dos movimentos verticais ascendentes e descendentes, formações de linha

de instabilidade e aglomerados convectivos, seguidamente das contribuições regional e local, estas oscilações vem a corroboram com os estudos de Marengo et al, (2020).

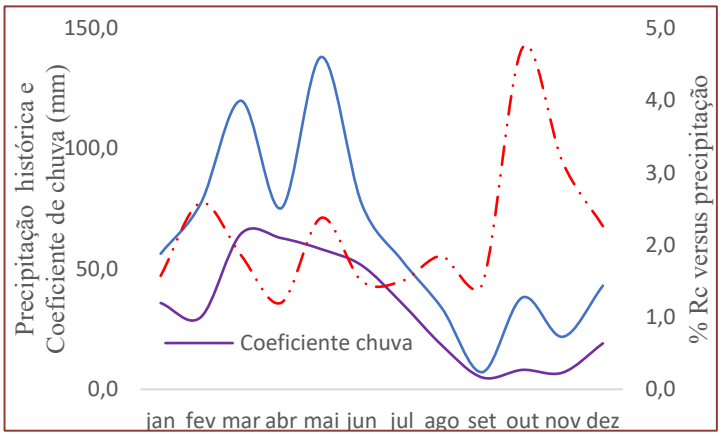
Figura 2. Distribuição mensal da pluviometria climatológica entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 3. Tem-se a distribuição pluviometria histórica, coeficiente chuva e percentual coeficiente chuva versus precipitação para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba. A precipitação total é de 395,6 mm, o mês de máxima chuva é março com 64,8 mm e o menor volume pluvial registra-se em setembro com 4,9 mm, a variabilidade percentual entre coeficiente de chuva e precipitação histórica flui de 1,2% em abril a 4,7% em outubro, este fator auxilia as ocorrências erosivas.

Figura 3. Distribuição pluviometria histórica, coeficiente chuva e percentual coeficiente chuva versus precipitação entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

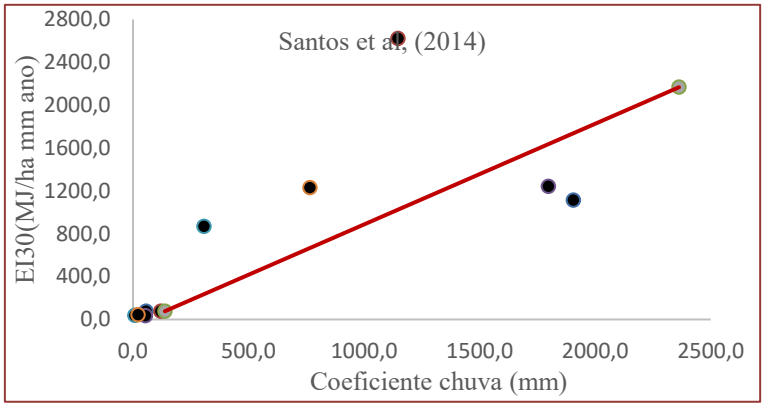


Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 4 tem-se a representação do coeficiente de chuva versus erosividade, pelo modelo de Santos et al, (2014), observam-se que o coeficiente de chuva aumenta

linearmente com a erosividade, auxiliando no acréscimo erosivo local , segundo afirma Brychta (2022).

Figura 4 – Coeficiente de chuva versus erosividade, pelo modelo de Santos et al, (2014), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

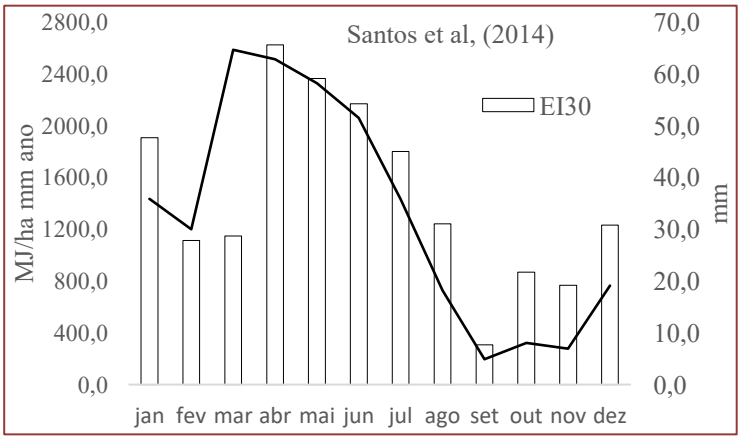


Fonte: Medeiros (2026).

A erosividade registrou maiores valores nos meses de janeiro, abril, maio, junho, julho, agosto e dezembro (Figura 5), os meses de fevereiro, março, setembro, outubro e novembro registraram os menores índices erosivos, estas variabilidades são decorrentes dos efeitos regionais, locais, e das atuações extremas na área estudada (Medeiros 2020).

O mês de abril registra o maior (EI_{30} = 2620,7 MJ/ha mm h) com cota de chuva acumulada de 62,8 mm. Em setembro ocorreu o menor índice pluvial (4,9 mm), o EI30 apresentou valores variados na região. O estudo de (França et al., 2020), corroboram com as discussões.

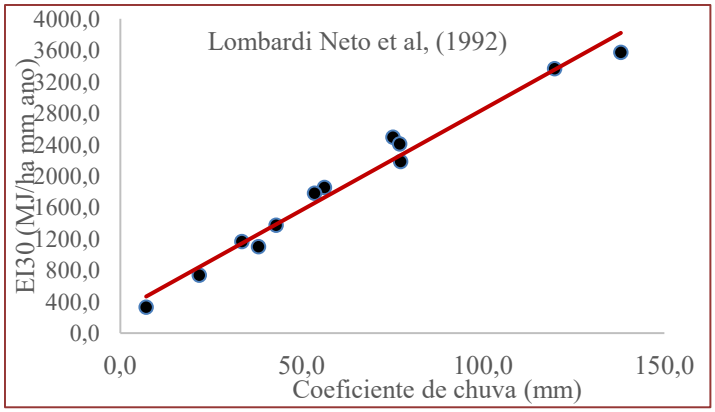
Figura 5 – Distribuição erosiva e pluviométrica, pelo modelo de Santos et al, (2014), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

A representação das contribuições nos auxílios dos planejamentos, assim como nas gestões local e regional, como subsídio a projeto no combate a erosão, a oscilação dos coeficientes de chuvas versus erosividade, nos assegura informações importante. No modelo de Lombardi Neto et al, (1992), Figura 6, detecta-se acréscimo linear do coeficiente de chuva com a erosividade, em outras palavras o poder erosivo do coeficiente é alto, similaridade podem ser vista no estudo de Brandão et al, (2023).

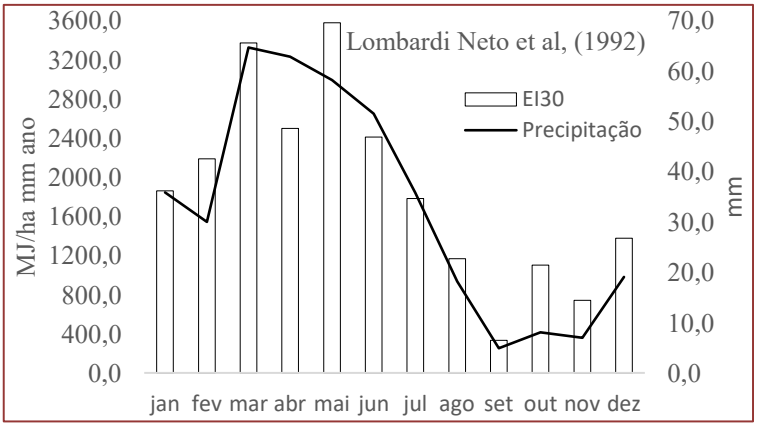
Figura 6 – Coeficiente de chuva versus erosividade, pelo modelo de Lombardi Neto et al, (1992), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações erosivas e pluviais, registradas pelo modelo de Lombardi Neto et al, (1992), está representada na Figura 7. Destaca-se os meses de maiores erosividade, fevereiro, maio, outubro, novembro e dezembro, assim como os meses de menores que se registrou entre agosto e novembro. As chuvas ocorridas foram má distribuídas e irregulares, ocorrências de chuvas extremas e em curto intervalo de tempo, foram registradas, resultados similares foram detectados por Medeiros (2020).

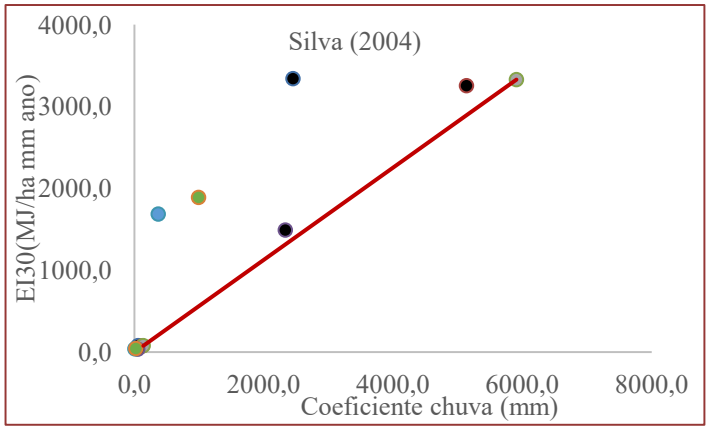
Figura 7 – Distribuição erosiva e pluviométrica, pelo modelo de Lombardi Neto et al, (1992), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

O modelo Silva (2004), está representado na Figura 8, onde se observam um acréscimo linear do coeficiente de chuva com a erosividade, mais distanciado da nuvem de dados, demostrando o poder erosivo irregular e falho, podendo o coeficiente ser irregular, s onde se dever ter maiores seguranças para seu aplicativos em determinadas áreas, similaridade ocorrem no estudo de Brandão et al, (2023).

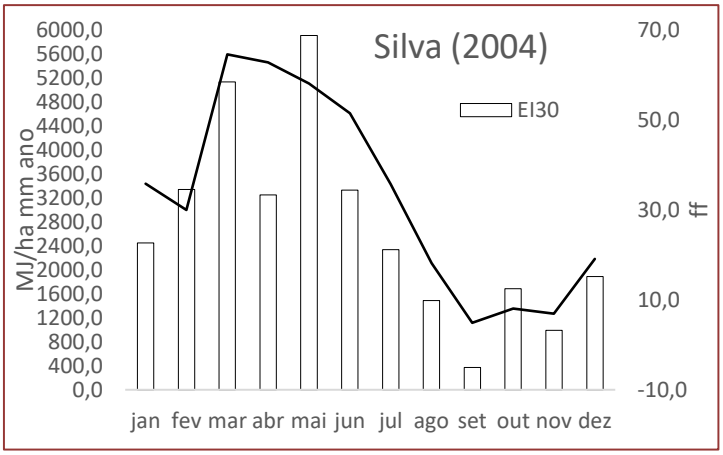
Figura 8 – Coeficiente de chuva versus erosividade, pelo modelo de Silva (2004), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

As ocorrências de chuvas moderada a forte registradas e de má distribuições e irregularidades, seguidas de ocorrências de chuvas extremas e em curto intervalo de tempo, foram registradas, ocasionadas por formações de linhas de instabilidade, aglomerados convectivos, pulso isolado da zona de convergência Intertropical, e as contribuições regionais e locais, ocasionado maiores erosividade nos meses de fevereiro, maio, outubro a dezembro. Baixos índices erosivos em janeiro, abril a julho. resultados similares foram detectados por Medeiros (2020).

Figura 9 – Distribuição erosiva e pluviométrica, pelo modelo de Silva (2004), entre 2010-2024 do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Comparando os três modelos de estimativa erosiva, destaca-se que os modelos de Santos et al (2014) e Lombardi Neto et al, (1992) apresentaram os menores valores EI_{30}, quando comparado ao modelo de Silva (2004). No modelo de Santos et al, (2014), as oscilações erosivas fluiram de 306,8 MJ ha^{-1} mm h^{-1} em setembro a 2620,7 MJ ha^{-1} mm h^{-1}, com total de 7303,5 MJ ha^{-1} mm h^{-1}. No modelo de Lombardi Neto et al, (1992) as flutuações erosivas ocorrem entre 331,8 (setembro) a 3574,9 (maio) MJ ha^{-1} mm h^{-1}, totalizando 11478,7 MJ ha^{-1} mm h^{-1}, o modelo de Silva (2004) subestima o poder erosivo em todos os meses. Na classificação o modelo de Santos et al, (2014) é o de melhores classificações

O modelo de Santos et al. (2014) pode ser adotado como padrão quando comparado com os modelos de Lombardi Neto et al., (1992) e Silva (2004), conforme observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparativos erosivos entre os modelos obtidos pelo padrão matemático de Santos et al. (2014); Lombardi Neto et al, (1992); Silva (2004) e suas respectivas classificações erosivas determinada pela metodologia de Carvalho (2008).

Meses	Prec	Santos et al, (2014)	Clas	Lombardi Neto et al, (1992)	Clas.	Silva (2004)	Clas.
Janeiro	35,8	1905,6	Fr	1856,6	Fr	2451,0	M
Fevereiro	30,0	1112,6	Fr	2186,3	M	3338,9	M
Março	64,6	1146,2	Fr	3366,5	M	5136,9	Mf
Abril	62,8	2620,7	M	2496,4	M	3250,6	M
Maio	58,1	2362,6	Fr	3574,9	M	5907,8	Mf
Junho	51,5	2167,1	Fr	2408,2	Fr	3328,0	M
Julho	35,7	1797,6	Fr	1780,9	Fr	2335,2	F
Agosto	18,2	1240,8	Fr	1165,0	Fr	1489,4	F
Setembro	4,9	306,8	Fr	331,8	Fr	370,9	F
Outubro	8,1	867,4	Fr	1101,5	Fr	1682,8	F
Novembro	6,9	765,4	Fr	739,3	Fr	991,7	F
Dezembro	19,1	1229,6	Fr	1376,1	Fr	1889,6	F
Anual	395,6	7303,5	F	11478,7	Mfo	19549,8	Mfo

Legenda: Prec = precipitação; Clas = classificação; Fr = Fraca; M = Moderada; Moderada a forte (Mf); Forte = F; Muito forte (Mfo).
Fonte: Medeiros (2024).

Esses resultados advertem a necessidade de maior e melhor critério na opção de modelo, matemáticos a serem empregado na estimativa do índice de erosividade da chuva (Teixeira et al., 2022; Santos et al., 2022; Brychta et al., 2022; Zhao et al., 2024; Wang et al., 2024; Brasil et al., 2024). Conforme o discutido, torna-se real a precisão de otimizar e aperfeiçoar os modelos de estimativa e classificação erosiva, para se obter melhores resultados (Zhao et al., 2024).

Observa-se que nos modelos trabalhados registrou-se intensa relação com o índice erosivo (R^2 = 0,99; 0,99 e 0,97). Pode-se visualizar e afirmar que o modelo Santos et al, (2014) é o modelo básico para o cálculo da erosividade na região semiárida. fornecendo subsidio ao modelo de Lombardi Neto (1992) desenvolvido para outras condições de regiões climáticas, devem ser aplicadas na estimativa da EI_{30} na regiões semiáridas. Para o modelo Silva (2004 que subestima os valores erosivos, deve-se ter-se cautela na sua aplicabilidade na região semiáridas.

CONCLUSÃO

O modelo Santos foi o adaptável como padrão para estimativa erosiva. Os maiores valores de estimativa registrou-se de abril a julho e o de menor valor setembro. Abril representa 32% do poder erosivo.

O modelo Silva é o que mais superestima as avaliações erosivas. A classificação erosiva anual indicam que os modelos de Silva e de Lombardi Neto foram classificados como muito forte. O modelo de Santo foi classificado como fraco. A escolha de um modelo inadequado para estimar a erosividade levará a resultados equivocados e não será possível calcular com precisão os valores de perda de solo.

REFERÊNCIAS

[1] ANDRADE, E. M.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. Q.; CAMPOS, D. A. Ecohydrology in a Brazilian tropical dry forest: thinned vegetation impact on hydrological functions and ecosystem services. Journal of Hydrology: regional studies, v. 27, p. 100649, 2020.https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100649.

[2] ANDRADE, E. M.; SENA, M. G. T.; DA SILVA, A. G. R.; PEREIRA, F. J. S.; LOPES, F. B. Uncertainties of the rainfall regime in a tropical semi-arid region: the case of the State of Ceará. Revista Agro@mbiente On-line, v. 10, n. 2, p. 88-95, 2016. https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3500.

[3] BRASIL, J. B., ANDRADE, E. M. D., ARAÚJO DE QUEIROZ PALÁCIO, H., FERNÁNDEZ-RAGA, M., CARVALHO RIBEIRO FILHO, J., MEDEIROS, P. H. A., & GUERREIRO, M. S. Canopy effects on rainfall partition and throughfall drop size distribution in a tropical dry forest. Atmosphere, v. 13, n. 7, p. 1126, 2022. https://doi.org/10.3390/atmos13071126.

[4] BRASIL, J. B., DE ANDRADE, E. M., GUERREIRO, M. S., DE QUEIROZ PALÁCIO, H. A., RIBEIRO FILHO, J. C., FERNÁNDEZ-RAGA, M., & MEDEIROS, P. H. A. Measurement and modelling of kinetic energy and erosivity of rainfall and throughfall in a tropical semiarid region. Journal of Hydrology, v. 644, p. 132088, 2024. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132088.

[5] BRYCHTA, J.; PODHRÁZSKÁ, J.; ŠŤASTNÁ, M. Review of methods of spatio-temporal evaluation of rainfall erosivity and their correct application. Catena, v. 217, p. 106454, 2022. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106454.

[6] CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599p.

[7] COSTA, G. G.; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; PATRÍCIO, E. A.; CAR-NEIRO, A. A. C.; ALBUQUERQUE, J. H. A.; BRASIL, J. B. Caracterização dos eventos de chuva em estação automática no município do Crato-CE. In: SIMPÓSIO BRASI-LEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 25., 2019, Recife. Anais do XXV Simpósio Bra-sileiro de Recursos Hídricos. Sergipe: ABRH, 2023. p. 1-10.

[8] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R.; HOLANDA, R.M. Balanço hídrico e erosivibilidade nas microrregiões do Estado da Paraíba, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 10, 2020. e789106121, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.6121.

[9] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R., Wagner Rodolfo. Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE–Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. e931974892-e931974892, 2020. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4892

[10] FOURNIER, F. Climat et érosion: la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les préci-pitations atmosphériques. Paris: Presses Universitaires de France, 1960. 198 p.

[11] GUERREIRO, M. J. S., ANDRADE, E. D., ABREU, I., & LAJINHA, T. Long-term variation of precipitation indices in Ceará State, Northeast Brazil. International Journal of Climatology, v. 33, n. 14, p. 2929-2939, 2013. https://doi.org/10.1002/joc.3645.

[12] GUERREIRO, M. S., DE ANDRADE, E. M., DE SOUSA, M. M. M., BRASIL, J. B., FILHO, J. C. R., DE QUEIROZ PALÁCIO, H. A. Contribution of non-rainfall water input to surface soil moisture in a tropical dry forest. Hydrology, v. 9, n. 6, p. 102, 2022. https://doi.org/10.3390/hydrology9060102.

[13] LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Bragantia, v. 51, p. 189-196, 1992. https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009.

[14] MATOS, R.M.; SILVA, P. F.; MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; BORGES, V. E.; SOBRIHO, T. G. (2017) Erosividade da chuva no período de 1973 a 2013 no município de Barbalha–CE. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, n. 3, p. 641-649.

[15] RIBEIRO FILHO, J. C.; SANTOS, J. C. N.; ARAÚJO NETO, J. R.; AQUINO LEMOS FILHO, L. C.; BRASIL, J. B. Estimativa das erosividades anuais e mapeamento para o estado do Ceará. Revista Geonorte, v. 8, n. 30, p. 1-15, 2017. https://doi.org/10.21170/geonorte.2017.V.8.N.30.1.15.

[16] SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. Catena, v. 57, n. 3, p. 251-259, 2004. https://doi.org/10.1016/j.catena.2003.11.006.

[17] SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M. ; PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R. ; RIBEIRO FILHO, J. C. Erosividades das chuvas em Iguatu-CE: correlação com o coeficiente de chuva e aplicação as normais climatológicas do Nordeste. In: Anais... XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2014, João Pessoa. XI ENES, 2014.

[18] SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. Q. Effect of rainfall characteristics on runoff and water erosion for different land uses in a tropical semiarid region. Water Resources Management, v. 31, n. 1, p. 173-185, 2017. https://doi.org/10.1007/s11269-016-1517-1.

[19] SANTOS, W. P., AVANZI, J. C., VIOLA, M. R., CHOU, S. C., ACUÑA-GUZMAN, S. F., PONTES, L. M., & CURI, N. Projections of rainfall erosivity in climate change scenarios for the largest watershed within Brazilian territory. Catena, v. 213, p. 106225, 2022. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106225.

[20] TEIXEIRA, D. B. S., CECÍLIO, R. A., MOREIRA, M. C., PIRES, G. F., & FERNANDES FILHO, E. I. Recent advancements in rainfall erosivity assessment in Brazil: A review. Catena, v. 219, p. 106572, 2022. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106572.

[21] TELLES, T. S., GUIMARÃES, M. D. F., & DECHEN, S. C. F. The costs of soil erosion. Revista Brasileira de Ciencia do solo, v. 35, p. 287-298, 2011. https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200001.

[22] BRANDÃO, L. J. A. V., NASCIMENTO, M. R., NORONHA, A. B., DO NASCIMENTO, M. R., BARBOSA, R. R. S., DE OLIVEIRA, J. F., ... & DOS SANTOS, C. G. Estimation of the erosive potential of rainfall in the municipality of União dos Palmares-AL. OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, v. 21, n. 7, p. 6793-6814, 2023. https://doi.org/10.55905/oelv21n7-052.

[23] WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1978.

[24] WANG, L.; LI, Y.; GAN, Y.; ZHAO, L.; QIN, W.; DING, L. Rainfall erosivity index for monitoring global soil erosion. Catena, v. 234, p. 107593, 2024. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107593.

[25] ZHAO, Y.; ZHU, D.; WU, Z.; CAO, Z. Extreme rainfall erosivity: Research advances and future perspectives. Science of the Total Environment, v. 917, p. 170425, 2024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170425.

Capítulo 7

Suscetibilidade à erosividade e desertificação no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil entre 2010-2023

Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Raimundo Mainar de Medeiros
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Cristiano José da Silva
Rita de Cassia Cunha Saboya

Resumo: A deterioração do solo tem sido um dos objetivos a avaliar a potencialidade erosivo no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil, utilizando-se de aplicação de quatro padrões matemáticos para o cômputo do fator erosividade. Utilizou-se dado pluviométrico mensal e anual interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos da área estudada, esta interpolação levou em conta as distâncias intermunicipais, onde cada local tem seu peso, gerando a série pluvial de 2010 – 2023, correspondente a 14 anos de dados. Nas classificações pluviais, utilizou-se dos intervalos dos desvios percentuais, com o intuito de explicar as variabilidades pluviais interanuais e assim também, mostrar a sua relação com o índice de aridez. O cômputo do balanço hídrico foi obtido pelo método de Thornthwaite, apontando sua delimitação para a classificação climática em conformidade com o índice de aridez inter anual estudada. Os resultados fornecem informações aos gestores públicos para minimizar a vulnerabilidade erosiva, especialmente para quem vive nas áreas de riscos, por meio da prevenção e mitigação de eventos catastróficos que podem ocorrer devido ao excesso/escassez de chuvas. As análises das erosividade foram consistentes com a literatura para a região em estudo. As oscilações pluviais irregulares do semiárido registraram maiores intensidades pluviais durante o período chuvoso em anos isolados.

Palavras-Chave: Atividade antrópica; Degradação ambiental; Erosividade pluvial; Padrões matemáticos.

INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas vêm contribuindo consideravelmente para a deterioração ambiental no Semiárido Nordestino Brasileiro. Segundo Vieira et al, (2015) as excessivas explorações dos recursos naturais, em áreas de extrema vulnerabilidade a erosividade, podem acelerar o procedimento de degradação, erosividade e desertificação da terra, afetando as funções dos ecossistemas e prejudicando a produtividade, a biodiversidade e a heterogeneidade da paisagem, representando grande advertência ao meio ambiente e o bem-estar humano.

A ocorrência simultânea de eventos extremos e naturais que vem ocorrendo ou se registrando, fazem com que grupos científicos venham convivendo, participando, auxiliando e opinando nas composições legislativas, monitoramentos, alerta e nas análises de verificação dos ambientes naturais, alertando as consequências das mudanças antrópicas em micro ou macro escala, regional, local e global (IPCC 2021).

Para os autores (Rocha 2020; Conjur 2011) os quais vem observando as constantes modificações dos cenários meio ambiente, onde os Estado Nordestinos vêm se mostrado presente na composição de informações que buscam orientar, recomendar, exigir, proteger e conservar uma gama de aspectos concernentes a ocupação e ao uso da terra, constituindo leis e resoluções consideradas como das mais avançadas e completas do globo.

O clima vem ocasionando flutuações e mudanças climáticas, a quais consistem em oscilações estatisticamente expressivas para os seus elementos, causadas por métodos naturais, externos com auxilio, das ações antrópicas (IPCC, 2013), e de futuras projeções, que atentam para eventos extremos de mudanças no clima (Marengo et al., 2020; IPCC 2022).

Segundo Gomes (2019) os sistemas naturais desequilibrado, vem excedendo capacidade de suporte nas suas transformações inicias, pelas não conservações das superfícies com cobertura vegetal impermeabilizadas, o que ocasionam mudanças morfológicas, físico-químicas e biológicas dos solos, trazendo processos de degradação, nos solos e nas cadeias ecossistêmicas os quais, ocasionam uma gama de variada dificuldades, como o comprometimento de fertilidade natural e o assoreamento de corpos hídricos, seguidos de seus efeitos secundários derivados.

Conforme Santos et al, (2017) os quais projetaram-se pelos cenários climáticos, visando as variações das susceptibilidades na desertificação do Estado Pernambucano e obtiveram classe “alta” para parte da região litorânea, todo agreste e sertão meridional, como justificativa o estudo associou o resultado ao possível aumento de desmatamento e a alteração da vegetação natural por outros cultivos.

As informações da potencialidade erosivo de uma área e/ou região admite plano de ações para a preservação do solo e práticas agrícolas, que amparem a preservação do solo e sua manutenção da cobertura vegetal (Peñalva-Bazzano et al., 2010). Os estragos ocasionados pela erosividade vêm sendo acatadas com a utilização de modelos de predição, utilizando-se da Equação Universal de Perdas de Solo, sendo o modelo mais utilizados no mundo (Wischmeier et al., 1978).

França et al, (2020) aplicaram a técnica da geoespacionalização para gerar mapas pluviais erosivos, analisadas pela equação da perda do solo, probabilidade, tempo de retorno e suas classificações erosivas, para a bacia hidrográfica do rio Paraíba (BHRP). As áreas cultiváveis da BHRP e seus entornos ao longo do seu território, onde as regiões climáticas tem diferentes potencialidades erosivos. Para os autores o estudo contribuiu nos auxílios das políticas de planejamento e das gestões local e regional, como subsídio a novos desenvolvimentos de projeto no combate a erosão.

A erosão é um processo dinâmico e complexo da deterioração dos solos e/ou terras e para entendê-los é necessário seu conhecimento nos processos físicos-químicos e antropogênicos envolvidos nas suas inter-relações (Akbari et al., 2020). Já (Ferreira 2021) mostrou que os diversos fatores ocasionam consequências na erosão ou a desertificação envolve o desgaste na vegetação, solos, recursos hídricos, biodiversidade, meio ambiente, produtividade agrícola e, portanto, na qualidade de vida das populações afetadas.

Medeiros (2019) distinguiu o potencial erosivo trimestral da pluviometria, para o Estado do Piauí, nas 15 microrregiões de coleta de dados, correspondente ao período chuvoso e seco, anual entre 1962-2016. O fator erosividade foi estabelecido pelas equações proposta por Wischmeier et al, (1958), Wischmeier et al, (1971) e Wischmeier et al, (1978).

Medeiros et al, (2017) calcularam a erosão pluvial na Bacia Hidrográfica do Rio Uruçuí Preto localizada no estado do Piauí, aplicando a Equação Universal de Perdas de Solo, para as ocorrências de chuvas extremas na sua área. Entre outubro a março, choveu 90,74% do seu total anual. Os autores depararam com elevada ocorrência erosiva na área estudada: Fazenda Cachoeira, com 51.955,2 mm $ha^{-1}h^{-1}ano^{-1}$; Fazenda Paus, com 37.322,6 mm $ha^{-1}h^{-1}$ ano^{-1} e Fazenda Melancia, com 34.923,4 mm $ha^{-1}h^{-1}ano^{-1}$. O município de Colônia do Gurguéia, registrou erosividade de 19.608,5 mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}, é o local com menor risco de erosividade. Classificaram os índices erosivos como moderados a fortes.

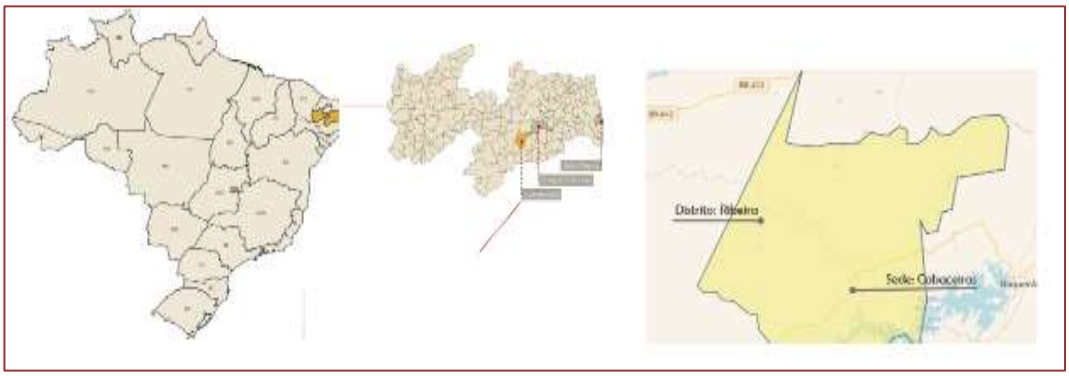
Medeiros et al, (2019) determinaram o índice de erosividade para Areia - Paraíba e os maiores valores erosivos registrou-se de março a agosto, coincidindo com o período chuvoso, e com os restos de cultivos. Entre setembro a fevereiro, ocorreram as reduções erosivas, sendo o seu período seco.

O objetivo é avaliar a potencialidade erosivo em solos do povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil, utilizando-se de aplicação de quatro padrões matemáticos para o cômputo do fator erosividade.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira posiciona-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema (Figura 1) no estado da Paraíba, localiza-se nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com altitude de 391 metros, localizada na área baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025).

Figura 1. Posicionamento do povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos causadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira - PB podem ser influenciados por seu clima é atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis, formações e intensificações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, (Medeiros 2024).

O Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba é caracterizado por possuir duas estações bem definidas chuvoso e seco. Conforme a classificação climática (Köppen et al., 1928; Köppen, 1931; Alvares et al., 2014; Medeiros, 2020), que se fundamenta nos regimes térmicos e pluviométricos e na distribuição das associações vegetais, tem o seu clima do tipo “As” (quente e úmido Tropical chuvoso). Já na classificação de Thornthwaite seu clima é árido (Medeiros 2020). O seu regime pluvial é irregular e má distribuído, sendo uma característica da região Nordeste, em função disto sua sazonalidade concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses chuvoso, (Silva 2004).

Ressalta-se que o período chuvoso é caracterizado por precipitações frequentes e intensas, ocasionadas em curto intervalo de tempo, auxiliando os desenvolvimentos erosivos, a água não consegue infiltrar no solo e acaba realizando o carreamento das partículas sólidas. As contribuições das atividades antrópicas associadas às alterações na periodicidade da sazonalidade climática, atuam como significativas potencializações da manifestação do processo erosivo e de desertificação.

Os resultados da erosividade no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba estão simuladas em Figuras para o período 2010 - 2024, com uma série pluvial de 15 anos, com registros mensais. Para obtenção dos valores erosivos mensais utilizaram-se de quatro equações padrões propostas por: Morais et al (1991), Silva (2001), Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) e França (2021).

Os dados pluviais (mm) foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos (Cabaceiras; São Domingos do Cariri; Boqueirão, Barra de São Miguel, São João do Cariri e Boa Vista), esta interpolação levou em conta a distância intermunicipais, onde cada local tem seu peso, gerando a série pluvial de 2010 – 2024.

Para os Critérios de classificações pluviais mensais e anuais, utilizou-se dos referidos índices da série de 15 anos, e calculou-se o desvio padrão percentual pela equação:

DPN=(precipitação observada – precipitação climatológica/precipitação climatológica)X 100

Para os critérios de classificações foram utilizados os intervalos do desvio percentual como demonstrado na (Tabela 1), para a série pluvial com o intuito de explicar suas variabilidades inter anos e, assim também, mostrar a sua relação com o Índice de aridez (Ia).

Tabela 3: Critérios de classificação pluvial mensal e anual conforme desvio percentual para o povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba .

Critérios de classificação	
Desvio Percentual	Classificação
± 0,0 a 25,0%	Normal
±25,1 a 45,0%	Seco/Chuvoso
±45,1 a 70,0%	Muito Seco/Muito Chuvoso
±70,1 > 100,0%	Extremamente Seco/Extremamente Chuvoso

Fonte: CPTEC/INPE/núcleos de meteorologia (2010).

A utilização prática e adequada dos dados de chuva é fundamental na elaboração de projetos de drenagem, barragens e obras de proteção contra cheias, vazão de enchente e erosão hídrica. Para tanto, levantou-se os dias de máximas ocorrências de chuvas máximas para o período em estudo.

O cômputo do balanço hídrico foi realizado pelo método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), visando delimitar a classificação climática pelo índice de aridez (I_a) inter anual da série de dados estudada.

$$I_a = (DEF/ETP)* 100 \quad (1)$$

Onde:

I_a = Índice de aridez

DEF = Deficiência hídrica (mm);

ETP = Evapotranspiração (mm).

Em seguida determinou-se o EI_{30} estabelecido na metodologia proposta por Wischmeier et al, (1958), Wischmeier et al, (1971) e Wischmeier et al, (1978).

$$EI_{30} = Pm^2/p \quad (2)$$

Onde:

EI_{30} = Erosividade (MJ mm há$^{-1}$ h^{-1} ano^{-1});

Pm^2 = Precipitação mensal ao quadrado (mm);

p = Precipitação anual (mm).

Tabela 4: Classificação dos meses e ano utilizando-se o desvio padrão normalizado para o povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba entre 2010 - 2024.

Anos/meses	jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
2010	N	N	C	MC	EC	ES	N	N	N	S	N	N	EC
2011	N	N	N	C	MS	ES	N	S	N	S	N	N	EC
2012	MS	N	MS	S	ES	N	ES	S	N	N	N	N	EC
2013	N	S	N	EC	C	C	C	C	N	N	N	N	EC
2014	C	N	MC	MS	MC	C	S	N	N	N	N	N	EC
2015	C	ES	MC	N	ES	C	N	N	N	N	N	N	EC
2016	N	N	EC	N	MC	EC	MC	N	N	N	N	N	EC
2017	C	N	C	N	MC	MC	N	C	N	N	N	N	EC
2018	N	N	MS	S	MC	EC	EC	C	N	N	N	N	EC
2019	N	N	N	MS	C	MC	MS	N	N	N	N	N	EC
2020	N	N	ES	ES	MS	N	C	N	N	N	N	N	EC
2021	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	EC
2022	N	N	ES	C	ES	ES	ES	ES	S	N	N	N	EC
2023	N	N	S	N	ES	ES	C	N	N	N	N	N	EC
2024	C	N	S	C	C	ES	MC	N	N	N	N	N	EC

Legenda: C = Chuvoso; EC = Extremamente chuvoso; ES = Extremamente Seco; MC = Muito Chuvoso; MS = Muito Seco; N = Normal; S = Seco.
Fonte: Medeiros (2026).

Estabelecido o modelo de França (2021), seguidamente da comparação com os três modelos, onde comparou-se os referidos modelos, pelo desvio e o erro padrão, visando avaliação do melhor modelo a ser aplicado na área de estudo.

O Índice de Aridez (I_a) distinguir-se por advertir a deficiência hídrica (DEF) representada em percentagem da evapotranspiração potencial. Sendo definido em função da DEF e ETP anuais (Matallo Júnior 2001).

A finalidade de uso do I_a está inter-relacionado à quantidade e qualidade das distribuições pluviais inter anos. Para tanto, utilizou-se dos critérios de classificação, para classifica o município conforme classes do desvio percentual mensal e anual (Tabela 4).

O I_a foi calculado para a área em estudo com os dados pluviais mensais e anuais e os dados térmicos, sendo calculada a evapotranspiração média mensal, pelo método do balanço hídrico climático (Thornthwaite 1948) Thornthwaite et al., (1953). Foi utilizada, portanto, a planilha eletrônica desenvolvida por Medeiros (2018) para cálculo do balanço hídrico.

O grau da desertificação está associado à susceptibilidade de acordo com o índice I_a, acrescentado do rigor do período de estiagens, pressão demográfica, tipo de uso dos recursos naturais e ainda o nível de desenvolvimento do país e a qualidade de medidas preventivas (FAO, 1967).

Conhecendo-se as séries históricas meteorológicas de precipitação, temperatura média e do I_a, pode-se caracterizar a disponibilidade da água e o planejamento para o desenvolvimento socioeconômico e aos tomadores de decisões. É possível também destacar os períodos anuais que serão críticos, com perdas ou excedentes hídricos (Souza et al., 2012).

A classificação climática de determinada localidade tem que estar de acordo com os valores do I_a, demonstrados na tabela 3.

Tabela 5: Classificação climática conforme valores do Índice de aridez (Ia).

Tipos de Clima	Índice de aridez (Ia)
Hiperárido (H)	Ia≤0,03
Árido (A)	0,03<Ia≤0,2
Semiárido (AS)	0,2<Ia≤0,5
Subúmido seco (SUS)	0,5<Ia≤0,65
Subúmido (SU)	0,65<Ia≤1,0
Úmido (U)	Ia>1,0

Fonte: Matallo Júnior (2001).

Na Tabela 4 tem-se as variações dos I_a e suas respectivas classificações quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação desenvolvido por Matallo Júnior (2001), com o auxílio do uso do Índice de aridez.

Tabela 6: Classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com o auxílio do uso do Índice de aridez.

Índice de aridez (Ia)	Nível de susceptibilidade à desertificação
Ia > 0,65	Superior à moderada (SM)
0,51 < Ia < 0,65	Moderada (M)
0,21 < Ia < 0,50	Alta (AL)
0,05 < Ia < 0,20	Muito Alta (MA)
Ia < 0,05	Inferior a muito alta (IMA)

Fonte: Matallo Júnior (2001).

A estabilidade ou vulnerabilidade, a resistência ao processo natural de erosão das unidades de paisagem natural foi definida pela análise integrada do conjunto rocha, solo, relevo, vegetação e clima.

Os dados pluviais foram tabulados para o cômputo da chuva, coeficiente de chuva e sua relação com a erosividade utilizando quatro equações.

Para determinar o fator erosividade foram usadas as equações propostas por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), Silva (2001), Morais (1991) e França et al, (2021), onde esta última equação foi comparada às demais, para o uso no povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba

O potencial erosivo anual da chuva foi classificado a partir da tabela 5, segundo Carvalho (2008).

Tabela 7: Classificação do potencial erosivo anual da chuva.

Erosividade (Mj mm(ha h)$^{-1}$)	Classe de erosividade
R ≤ 2452	Fraca
2452 < R ≤ 4905	Moderada
4905 < R ≤ 7357	Moderada a forte
7357 < R ≤ 9810	Forte
R > 9810	Muito forte

Fonte: Carvalho (2008).

Na tabela 6 têm-se as equações erosivas (padrões matemáticos) e seus respectivos autores e anos que foram trabalhados neste artigo.

Tabela 8: Equações erosivas e seus respectivos autores e ano de publicação.

Equações	Fórmula	Autor(es), Ano
1	Rx= 36,849∗(Mx*2P)*1,0852	Morais et al, (1991)
2	Rx= 42,307*(Pm²/Pa)+69,763	Silva (2001)
3	Rx=68,73+(Mx*2P)*0,841	Lombardi Neto & Moldenhauer (1992)
4	EI_{30} = 0,3908(P)^{1,651}	França (2021)

Fonte: Adaptado por Medeiros (2025).

Morais et al, (1991) desenvolveram a Equação 1 fundamentada no modelo de Fournier (1960), em que:

Rx - valor médio da erosividade (MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1});

Mx - precipitação mensal (mm);

P - precipitação anual (mm).

A Equação 2 foi desenvolvida por Silva (2001), tomado por base o modelo de Fournier (1960), onde:

Rx - valor médio da erosividade (MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1});

Pm - precipitação mensal (mm);

Pa - precipitação anual (mm).

A equação 3 foi desenvolvida por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), com base no modelo de Fournier (1960), que leva o coeficiente de chuva (Rc) = p2/P, que nesta equação foi modificado por Mx, que representa a precipitação média mensal para uma localidade, em que:

Rx - fator R (MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1});

Mx - precipitação mensal (mm);

P - precipitação anual (mm).

A equação 4 para cálculos erosivos foi desenvolvida por França et al, (2021), onde:

EI_{30} - fator R (MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-}1) para a área estudada;

P - Precipitação mensal ou anual (mm).

As classificações erosivas pela metodologia de Carvalho (2008), foram definidas para os modelos em estudo conforme consta nos resultados.

A realização dos cálculos de erosões médias anuais e sua média histórica, desvio padrão normalizados e anomalias erosivas dada pela unidade MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1} e pelas equações abaixo gerando seus respectivos gráficos.

Média anual erosiva (Ma) dada por:

$$Ma = \sum j_1+j_2+j_3....j1_2 \qquad (7)$$

Onde,

Ma é a média anual (M mm há$^{-1}$h^{-1}ano^{-1});

j_1+j_2+j_3....$j1_2$ valores mensais erosivos.

Média histórica (Mh) dada por:

$$Mh = \sum n1 + n2 + n3 .... + n4 / N \quad (8)$$

Onde:

n1 + n2 + n3 .... + n4 valores mensais erosivos;

N valor todos dados totais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Paz et al, (2022) mostraram que os processos erosivos são caracterizados pela perda do solo e o carreamento de sedimentos para os cursos de água e as configuram em ações negativas provenientes do manejo inadequado do solo em atividades agrícolas e da erosão hídrica.

Na tabela 7 e 8 encontra-se os meses do ano, valores erosivos obtidos pelo modelo matemático de Morais et al. (1991); Silva (2001); Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) e França (2021) e suas respectivas classificações erosivas determinada pela metodologia de Carvalho (2008).

Com o padrão matemático de Morais et al (1991) registraram-se os seguintes tipos de classificações: moderada a forte nos meses de janeiro a março, maio e setembro; com a classificação moderada em abril e entre junho a agosto e a classificação forte nos meses de outubro a dezembro, estas variabilidades de classificações foram decorrentes das flutuações pluviais que ocasionaram chuvas irregulares e de magnitudes variadas seguidamente de intensidades moderadas a fortes com pequenos intervalos de tempo ocasionando arrastre na cobertura de solo, tais variabilidades vem a corroborar com o estudo de França (2021).

O padrão matemático proposto por Silva (2001), registrou índices erosivos fluindo de moderado a forte nos meses de janeiro, fevereiro, outubro a dezembro, nos meses de março a setembro as oscilações erosivas foram classificadas como moderadas, os índices pluviais com irregularidades e bem mais distribuídos que o padrão de Morais et al, (1991) onde influenciaram nos índices erosivos com menores oscilações, os trabalhos de Medeiros (2019); Santos (2017) e França (2021) corroboram com as discussões.

Jovino et al, (2022) em seus estudos sobre manejo inadequado do solo em atividades agrícolas e erosão hídrica assumiram uma complicação acentuada quanto aos usos dos diversos tipos de solo pelas pessoas locais, que, junto com a extensão climática e as diversidades (a)bióticas do ecossistema, resultam em alterações na paisagem.

Tabela 9: Meses do ano, valores erosivos obtidos pelo padrão matemático de Morais et al. (1991); Silva (2001) e suas respectivas classificações erosivas determinada pela metodologia de Carvalho (2008).

Meses	Morais et al. (1991)	Classificações	Silva (2001)	Classificações
Janeiro	6669,3	Moderada a forte	5122,3	Moderada a forte
Fevereiro	6431,8	Moderada a forte	4954,9	Moderada a forte
Março	6311,0	Moderada a forte	4766,3	Moderada
Abril	4183,0	Moderada	3302,0	Moderada
Maio	5271,8	Moderada a forte	4027,3	Moderada
Junho	3508,3	Moderada	2794,0	Moderada
Julho	3292,1	Moderada	2660,1	Moderada
Agosto	4298,0	Moderada	3423,1	Moderada
Setembro	5554,1	Moderada a forte	4364,2	Moderada
Outubro	7046,1	Forte	5407,8	Moderada a forte
Novembro	7685,8	Forte	5866,0	Moderada a forte
Dezembro	7738,0	Forte	5888,2	Moderada a forte

Fonte: Medeiros (2026).

Na tabela 8 encontra-se os meses do ano, valores erosivos obtidos pelo padrão matemático de Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) e França (2021) e suas respectivas classificações erosivas determinada pela metodologia de Carvalho (2008).

No padrão matemático de Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) suas classificações foram: para janeiro, fevereiro, março e de setembro a dezembro “muito forte”, em abril e maio classificou-se como moderada a forte e entre junho/julho classificado como erosividade moderada.

As classificações erosivas estabelecidas pelo padrão matemático de França (2021), foram de intensidades fraca durante todos os meses do ano, para tanto estes valores foram o de melhores aceitações para a área de estudo, os resultados vêm a corroborar com o estudo de França (2021).

Tabela 8: Meses do ano, valores erosivos obtidos pelo modelo matemático Lombardi Neto & (1992) e França (2021) e suas respectivas classificações erosivas determinada pela metodologia de Carvalho (2008).

Meses	Lombardi Neto & Moldenhauer (1992)	Classificações	França (2021)	Classificações
Janeiro	21722,5	Muito Forte	993,0	Fraca
Fevereiro	19799,9	Muito Forte	927,9	Fraca
Março	12376,6	Muito Forte	708,0	Fraca
Abril	6990,3	Moderada a forte	415,7	Fraca
Maio	7024,0	Moderada a forte	478,1	Fraca
Junho	3477,3	Moderada	262,9	Fraca
Julho	4143,1	Moderada	277,1	Fraca
Agosto	8652,6	Forte	478,0	Fraca
Setembro	17045,4	Muito Forte	793,9	Fraca
Outubro	25677,8	Muito Forte	1122,2	Fraca
Novembro	31246,4	Muito Forte	1308,2	Fraca
Dezembro	30557,4	Muito Forte	1294,9	Fraca

Fonte: Medeiros (2026).

Observando-se as classificações dos modelos têm-se as variabilidades mensais e a comparação de melhor aceitação com destaque para o modelo de França (2021). Deste modo pode-se afirmar que o modelo de França é o que melhor se adapta para o cálculo do índice erosivo estudado.

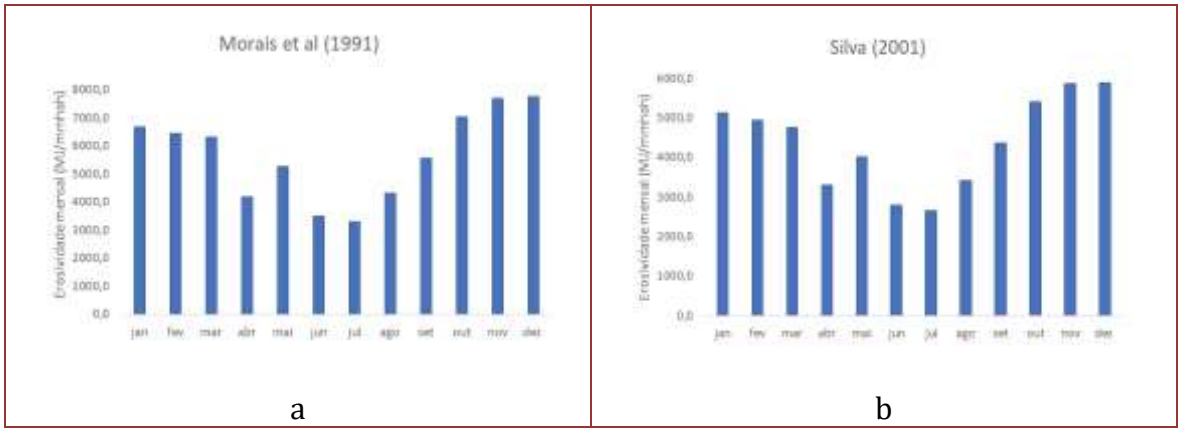
Nas Figuras 1 observam-se as flutuações dos índices de erosividade mensal para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba, no período de 2010 a 2023 por padrões matemáticos: Morais et al. (1991) (a), Silva (2001) (b), Lombardi Neto et al (1992) (c) e França (2021) (d).

A Figura 2a construída em função dos dados obtidos pelo padrão matemático de Morais et al. (1991), evidenciam flutuabilidades erosivas irregulares com oscilações fluindo entre 3292,1 MJ. mm.ha^{-1}.h^{-1}ano^{-1} a 7738,0 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}ano^{-1}, entre os meses de outubro a março registra-se os maiores índices erosivos, de abril a setembro as oscilações erosivas fluíram de 3292,1 1 MJ. mm.ha^{-1}.h^{-1}ano^{-1} a 5554,1 1 MJ. mm.ha^{-1}.h^{-1}ano^{-1} estas flutuações erosivas estão diretamente interligadas nas variabilidades pluviais que são praticamente constantes na região semiáridas brasileira conforme afirmação de Marengo et al, (2022).

O padrão matemático proposto por Silva (2001), Figura 2b, as maiores intensidades erosivas centram-se de outubro a março, as intensidades menores foram registradas nos meses de abril a setembro, destaca-se o mês de maio por ocorrências de chuvas extremas e de curto intervalo de tempo, aumentando o seu índice erosivo. Os máximos erosivos foram durante novembro/dezembro e seu mínimo registrado em julho.

Salienta-se que os índices pluviais foram irregulares e de magnitudes diferenciadas o que contribuiu para as variabilidades erosivas, resultados similares foram detectados no estudo de Marengo et al, (2022); Medeiros (2018).

Figura 2 (a; b) - Índice de erosividade mensal para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba, no período de 2010 a 2024 por padrão matemático de Morais et al, (1991) (a), Silva (2001) (b),



a b

Fonte: Medeiros (2026).

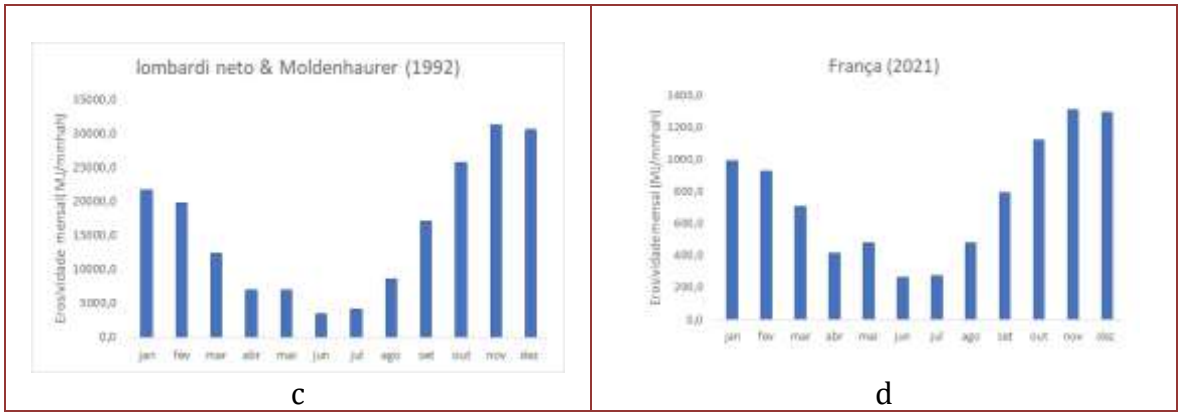
A erosão é um procedimento ativo e de complexo desgaste dos solos ou terras e para compreende-los é necessário seu conhecimento nos processos físico-químicos e antropogênicos. Na Figura 2c observam-se os índices erosivo mensal da área estudada para o padrão matemático de Lombardi et al (1992). O modelo evidencia valores erosivos bastante diferenciados. Os meses de maiores índices erosivos têm suas similaridades, correspondendo aos meses de abril a agosto. Nos meses de setembro a março observam-se os menores índices erosivos.

Os índices pluviais para este padrão matemático, não tem boa resposta e nem significativa representatividade para os valores erosivos, deixando-os suas distribuições acima dos padrões normais, quando comparado aos outros padrões em estudo, os resultados discutidos corroboram com o estudo de Medeiros (2018).

Para o padrão matemático de França (2021), figura 2d, registrou-se classificações fraca em todos os meses do ano, este padrão é o que melhor se adequa-se ao estudo.

As maiores erosividade centra-se de outubro a fevereiro, suas menores erosividade está centrada em junho e julho, os meses de março a maio, registraram índices erosivos irregulares, conforme as ocorrências pluviais, tais variabilidades tem similaridades com o estudo de Medeiros (2018).

Figura (2c; 2d) – Índice de erosividade mensal para o Povoado Ribeira de Cabaceira – Paraíba, no período 2010-2024 por padrão matemático de Lombardi Neto & Moldenhaurer (1992) (c) e França (2021) (d).



c d

Fonte: Medeiros (2026).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) adotou a classificação climática, associada ao valor do Ia (Índice de Aridez), sendo calculado pela razão entre a evapotranspiração potencial e precipitação pluvial, o que resultou no enquadramento de três faixas: subúmido úmido; subúmido seco e semiárido (UNEP, 1992).

O índice de aridez (Ia) é o principal indicador e classificador de terras secas, por ser um indicador que permite distinguir as terras secas em áridas, semiáridas e subúmidas secas, e ainda mensura o grau de susceptibilidade à desertificação. Destaca-se, que valores entre 0,21 e 0,50 delimitam áreas semiáridas e subúmidas secas.

O Ia foi calculado para o município em estudo com os dados de precipitação mensal e anual e os dados de temperatura média do ar, sendo calculada a evapotranspiração média mensal, pelo método do balanço hídrico climático em conformidade com

Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953). Utilizou-se de planilha eletrônica desenvolvida por Medeiros (2016) para cálculo do balanço hídrico. A classificação climática de uma determinada localidade tem que estar de acordo com os valores do Ia demonstrada na tabela 13.

Para Dos Santos et al. (2017) os ciclos hidrológicos determinam as variabilidades climáticas, produzindo deficiências e/ou excessos pluviais em todo o globo, os quais geram secas ou inundações. Os eventos climáticos de extremas intensidades demonstram um papel significativo no dia a dia das sociedades, seja por sua intensidade e frequência de ocorrência, seja pela vulnerabilidade socioambiental. Com esta visão resolveu-se realizar a classificação climática visando uma melhor clareza nas oscilações pluviais estudada.

Com chuvas irregulares e má distribuídas inter anos, na tabela 12 tem-se o total anual e a classificação climática do período de 2010-2024 para o Povoado Ribeira de cabaceiras - Paraíba.

Com as ocorrências dos aquecimentos na atmosfera, acreditar que ocorram mudanças nos padrões da precipitação (acréscimo, redução na frequência, intensidade e/ou quantidade das chuvas), afetando a disponibilidade e a distribuição temporal das vazões nos rios (Dey et al, 2017; Chokkavarapu et al, 2019). Alterações nas precipitações podem comprometer a disponibilidade hídrica, aumentando a ocorrência de eventos de cheias e estiagens (Ana, 2016; Dey et al., 2017 e Silva et al., 2019).

Tabela 10: Anos, precipitação anual, classificação climática da precipitação anual, utilizando-se o desvio padrão normalizado para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba entre 2010 – 2024.

Ano	Precipitação anual	CC	Ano	Precipitação Anual	CC	Ano	Precipitação Anual	CC
2010	383,9	EC	2015	466,7	EC	2020	470,7	EC
2011	394,9	EC	2016	221,8	EC	2021	371,0	EC
2012	593,7	EC	2017	172,8	EC	2022	778,4	EC
2013	207,9	EC	2018	234,7	EC	2023	434,4	EC
2014	320,1	EC	2019	309,0	EC	2024	574,1	EC

Legenda: C = Chuvoso; EC = Extremamente chuvoso; N = Normal; MS = Muito Seco; S = Seco; CC = Classificação climática.

Fonte: Medeiros (2026).

A Tabela 13 utilizou-se das informações contidas nas tabelas 1 e 2, para isto aplicou-se do cômputo do BHC para definir os índices de aridez e realizar suas classificações e seus níveis de susceptibilidades (Tabela 13). observa-se que na Classificação climática tem-se clima Subúmido com treze vezes de ocorrências; o clima Subúmido seco registrou-se em um ano, assim como o clima Semiárido. Estes resultados estão em conformidade com o estudo de França et al. (2015) e corroboram com os resultados discutidos.

Tabela - 11: Índices de aridez, anos, classificações climáticas e o nível de susceptibilidade anual para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba entre 2010 – 2024.

Ano	Ia	CC	NS	Ano	Ia	CC	NS	Ano	Ia	CC	NS
2010	0,7432	SU	SM	2015	0,6998	SU	SM	2020	0,6812	SU	SM
2011	0,7230	SU	SM	2016	0,8553	SU	SM	2021	0,7458	SU	SM
2012	0,5922	SUS	M	2017	0,8837	SU	SM	2022	0,5002	AS	M
2013	0,8578	SU	SM	2018	0,8405	SU	SM	2023	0,7045	SU	SM
2014	0,7848	SU	SM	2019	0,7840	SU	SM	2024	0,7311	SU	SM

Legenda: Ia – Índices aridez; CC = Classificação climática; NS = Nível de susceptibilidade; A = Árido; AS = Semiárido; SUS = Subúmido seco; SU = Subúmido; Al = Alta; MA = Muito alta; M = Moderada; SM = Superior à moderada.

Fonte: Medeiros (2026).

Analisando-se a tabela 13, tem-se registros para os quinze anos com dados referente as classificações climáticas: treze vezes o tipo subúmido, os tipos subúmido seco e semiárido registrou-se uma vez para cada ocorrências. Nos níveis de susceptibilidade, ocorreram as seguinte oscilações; treze vezes o tipo superior a moderado; uma vez para os tipos semiárido e moderado.

Segundo os autores (Marengo et al., 2007; Marengo et al., 2010; Marengo et al., 2011; Medeiros, 2020), essas variabilidades ou mudanças de classificações climáticas são decorrentes das oscilações meteorológicas atuantes na meso e microescala, seguidamente dos efeitos regionais e locais.

Almeida et al. (2015) aborda que a forma com que o solo é usado influencia muito nos processos erosivos, assim como, na organismo de estradas, desmatamento, criação e expansão de cidades, cultivo de terras e na pecuária. Quando esta última ocorre com grande quantidade de animais pisoteando o solo, resulta na mudança de sua configuração, compactando-o. São exemplos do uso e ocupação do solo que contribuem para a aceleração dos processos erosivos.

Na tabela 14 têm-se as classificações anuais da erosividade para o índice anual pluvial, com 10 anos classificados como de muito alta erosividade; 4 anos alta erosividade; 1 anos de alta erosividade;.

Tabela 12: Anos de erosão anual e tipos de classes de erosão para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba entre 2010 – 2024.

Ano	Erosão Anual	Classe de erosão	Ano	Erosão anual	Classe de erosão	Ano	Erosão anual	Classe de erosão
2010	24625,0	MAE	2015	24241,2	MAE	2020	11778,6	MAE
2011	56217,8	MAE	2016	19630,8	MAE	2021	11485,7	MAE
2012	24386,1	MAE	2017	9438,9	AE	2022	8034,0	AE
2013	75069,2	MAE	2018	8470,8	AE	2023	15245,5	MAA
2014	12383,4	MAE	2019	9055,2	AE	2024	35216,9	MAE

Legenda: MAE = Muito alta erosividade; BAE = Baixa/alta erosividade; AE = Alta erosividade; ME = Média erosividade.

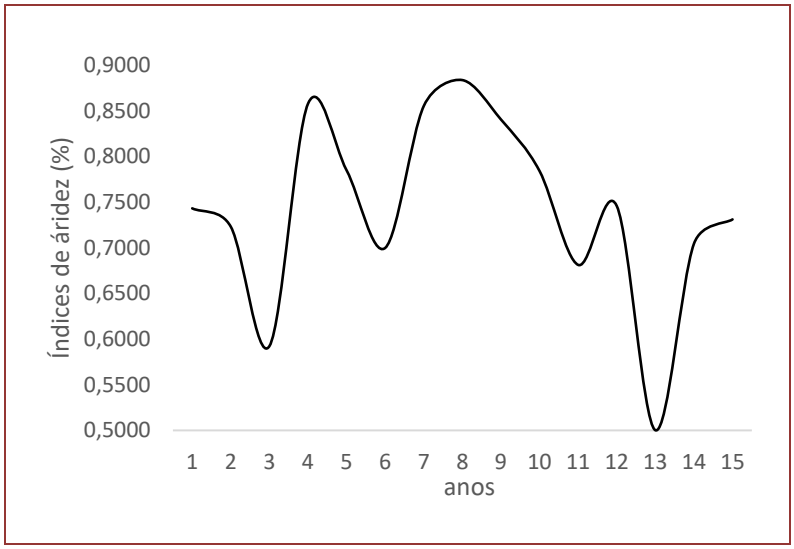
Fonte: Medeiros (2026).

O cálculo das erosividade pluviais requerem originalmente nos dados do ponto de interrupção ou hectógrafa (WISCHMEIER et al., 1978) e precipitação anual (LO et al., 1985; RENARD et al., 1994). Para estimar o fator R, Yin et al., (2015) aferiram a precisão dos modelos utilizados por diferentes resoluções de dados e expuseram que, a precisão dos modelos aumentou com a resolução temporal pluvial. Segundo os autores os dados diários de precipitação são adequados para estimar o fator R, ao passo que geralmente geram erros maiores para a estimativa do Índice EI_{30}. Estas afirmações corroboram os resultados apresentados neste estudo.

O Índice de Aridez (Ia) é uma ferramenta coadjuvante para gestão de riscos e incertezas (Feng et al.,, 2013), e contribui para o planejamento da garantia hídrica de um território (Marcos Junior et al., 2018). Este índice tem como premissa a razão entre os volumes precipitados anualmente numa determinada região e suas perdas para a atmosfera, estimadas através da evapotranspiração potencial anual, ao passo que, quanto maior for o déficit, maior será a sua aridez (Allen et al., 1998). Como mostrado a variabilidade do Ia na área estudada vem a contribuir com as afirmações dos autores acima.

Os menores valores dos índices de aridez foram registrados nos anos de 2012 e 2022. os maiores índices de aridez registrou-se nos demais anos estudados (figura 3). estudos de vários autores (Vilar et al., 2019; silva et al., 2019) apresentam similaridades com os resultados aqui discutidos.

Figura 3: Distribuições anuais dos índices de aridez do período de 2010-2024 para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Diversos estudos mostraram que as regiões áridas e semiáridas são susceptíveis às mudanças climáticas, assim como às degradações ambientais provocadas por ações antrópicas, podendo inclusive intensificar seus níveis de aridez (Greve et al., 2017). Estas afirmações contribuem com os resultados discutidos e apresentados.

CONCLUSÕES

Os resultados fornecem informações aos gestores públicos om vista a minimizar a vulnerabilidade erosiva, especialmente para quem vive em locais de riscos, através da prevenção e mitigação de eventos catastróficos que podem ocorrer devido ao excesso ou escassez de chuvas.

As críticas erosividade foram consistentes com a literatura estudada. As oscilações pluviais irregulares do semiárido registraram maiores intensidades pluviais durante a estação chuvosa para anos isolados.

A propagação e os alastramentos das algarobas, vem ocasionando a ausência das plantas nativas, o que vem auxiliando os processos erosivos com maior intensidade, portanto recomenda-se o reflorestamento e diminuição de pressão sobre a vegetação e o solo, são intervenções relevantes para impedir que prejudiquem ainda mais o sistema socioambiental.

O estudo analisou a suscetibilidade à erosividade e desertificação no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023, visando fornecer contribuições significativamente para o gerenciamento e monitoramento das variáveis estudadas servindo de apoio e incentivo para o desenvolvimento de novas pesquisas mais aprofundadas e rigorosas relacionadas aos tema, em especial, subsidiando as entidades competentes no desenvolvimento de planos, projetos e ações direcionadas a preservação do solo, fauna e flora e, consequentemente, as políticas ambientais e socioeconômicas da região.

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2025).

[2] AKBARI, M.; MODARRES, R.; NOUGHANI, M.A. Assessing early warning for desertification hazard based on E-Smart indicators in arid regions of Northwestern Iran. Journal of Arid Environments, v. 174, e104086, 2020.

[3] ALVARES, C.A.; STAPE, J.; SENTELHAS, P.; GONÇALVES, J.; SPAROVEK, G, Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. (2014).

[4] CARVALHO, N.O. Hidrossedimentologia Prática, segunda edição. Interciência, Rio de Janeiro, Brazil. 599 p.2008.

[5] CONJUR - Consultor Jurídico. Legislação ambiental é uma das mais avançadas. 2020. https://www.conjur.com.br/2011-mai08/especialista-legislacao-ambiental-avancadas

[6] FAO. Foad and agriculture organization of the United Nations. La erosion del suelo por el água: Algumas medidas para em las tierras de cultivo. Roma: Organization de Las Nacioes Unidas, p.207. 1967.

[7] FERREIRA, Y.B. Balanço hídrico climatológico como ferramenta de análise hidro climática de núcleos de susceptibilidade a desertificação. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

[8] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R.; HOLANDA, R.M. Balanço hídrico e erosividade nas microrregiões do Estado da Paraíba, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 10, 2020. e789106121, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.6121.

[9] GOMES, C.S. Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. Cadernos do Leste, Belo Horizonte, v. 19, n. 19, p. 63-78, jan./dez. 2019.

[10] JOVINO, E.S. et al. Impactos do uso e cobertura do solo na produção de sedimentos em área de manancial periurbano tropical. Sociedade & Natureza, v. 34, p. e64640, 2022. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-64640.

[11] IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability 2022. Geneva: IPCC, 3670 p.2022.

[12] IPCC - Intergovernamental Painel on Climate Change. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. 2021. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

[13] IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, p.1535.

[14] KÖPPEN, W. Grundriss der Klima Kunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388. 1931.

[15] KÖPPEN, W.; GEIGER, R, "Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes". Wallmap 150cmx200cm. 1928.

[16] LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em campinas, SP. Bragantina, v.51, n.2, p.189-196, 1992

[17] MARENGO, J.A.; CUNHA, A.P.M.A.; NOBRE, C.A.; RIBEIRO NETO, G..; MAGALHAES, A.R.; TORRES, R.R.; Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4°C. Nat Hazards, v.103, p.2589-2611, 2022.

[18] MATALLO JUNIOR, H. Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas. – Brasília: UNESCO, 2001.

[19] MEDEIROS, R.M. (2020). Estudo Agrometeorológico para o Estado da Paraíba. distribuição avulsa. 142p.

[20] MEDEIROS, R.M. Isolinhas erosivas do Estado do Piauí. Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 12, n.1, 2019. ISSN 1981-4089.

[21] MEDEIROS, R.M. Elaboração de programa computacional em planilhas eletrônicas do Balanço hídrico. 2018.

[22] PAZ, Y.M.; SILVA, J.F.; HOLANDA, R.M.; GALVÍNCIO, J.D. Avaliação espacial da produção de sedimentos e estratégias para redução dos processos erosivos em bacia hidrográfica no nordeste do Brasil. Derbyana, [S. l.], v. 43, p. e753, 2022. DOI: 10.14295/ derb.v43.753. Disponível em: https://revistaig.emnuvens.com.br/derbyana/article/view/753.

[23] PEÑALVA-BAZZANO, M.G.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. (2010). Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). Revista Brasileira de Ciência do Solo v.34, p.235-244.

[24] RIBEIRO, K.V.; ALBUQUERQUE, E.L.S. (2017). Sistemas ambientais no alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Poti, estado do Ceará. Revista Equador, 6(1), p.57-73. https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/573

[25] ROCHA, V.C.S. A Legislação Ambiental no Brasil é avançada, mas e daí?. Ecodebate, 2020.

[26] SANTOS, T. Projeção da suscetibilidade a desertificação em Pernambuco utilizando o modelo HADGEMES. Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], 2017.

[27] SILVA, A. M. Rainfal erosivity map for Brazil. Catena. 2004; v.57, p.251-259.

[28] SOUZA, W.M.; AZEVEDO, P.V. Índices de Detecção de Mudança Climática Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. Revista Brasileira de Geografia Física, v.01, p.43-159. 2012.

[29] THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographic Review, v.38, p.55-94. 1948.

[30] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, JR. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, p.104.1955.

[31] WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, n.26, p.189-193. 1971.

[32] WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. P.58. Agriculture Handbook 537.

[33] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions of the American Geophysical Union, Washington, v.39, n.2, p.285-291. 1958.

[34] VIEIRA, R.M.S.P.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ, R.C.S.; SESTINI, M.F.; AFFONSO, A.G.; RODRIGUEZ, D.A.; BARBOSA, A.A.; CUNHA, A.P.M.; VALLES, G.F.; CREPANI, E.; OLIVEIRA, S.B.P.; SOUZA, M.S.B.; CALIL, P.M.; CARVALHO, M.A.; VALERIANO, D. M.; CAMPELLO, F.C.B.; SANTANA, M.O. (2015). Identifying áreas susceptible to desertification in the Brasilian Northwest. Soid Eart, v.6, p.347.

Capítulo 8

Balanços hídricos comparativo de sete em sete anos com a normal climatológica no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Raimundo Mainar de Medeiros
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Cristiano José da Silva
Rita de Cassia Cunha Saboya
Romildo Morant de Holanda

Resumo: Estudar as variações climáticas e seus comparativos dos balanços hídricos de sete em sete anos com a sua normal para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil, visando promover informações que possam a vim subsidiar pesquisas relacionadas à produção agropecuária, desenvolvimento e técnicas conservacionistas relacionadas ao uso da água em caso de evento extremos e mudanças climáticas, As análises dos procedimentos das distribuições pluviais ao longo da série histórica 2010 a 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. A temperatura média foi estimada pelo método de regressão linear múltipla, através do software Estima T. O balanço hídrico foi computado através do software Balanço Hídrico desenvolvido em planilhas eletrônicas. As oscilações e suas variações pluviais e térmicas não são suficientes para caracterizar regime de mudanças climáticas, todavia é notório a ocorrência de eventos extremos, ocasionado pela atuação da instabilidade atmosférica e seus movimentos de regional e local. As análises concretizadas simulam uma aderência dos potenciais para a área estudada, em adjacências ao clima, recursos hídricos e das reais necessidades d'água para as obrigações básicas e das atividades de importância no setor socioeconômico, concebidas por meio do balanço hídrico.

Palavras-chave: Oscilações pluviais e térmicas; Ciclo hidrológico; Excesso hídrico.
ations; Hydrological cycle; Water excess.

INTRODUÇÃO

Para (Rápalo et al., 2021 e Santos et al., 2021) Nas décadas atuais vem sendo confirmado os impactos climáticos em diferentes regiões do globo. Observam-se mudanças repentina nos ciclos hidrológicos, as quis vêm afetando a pluviometria em quantidades, e frequências, duração, aumentando os índices evapotranspirativos, evaporativos, temperatura, e a disponibilidade dos recursos hídricos e naturais, ocasionados pelas ocorrências frequentes dos eventos climáticos extremos.

Lima et al, (2024) análise as variabilidades pluviais ao longo de séries históricas que é fator essencial para a tomada de decisões, influenciando em diversos setores como socioeconômico, agricultura, pecuária, geração de energia, recursos hídricos, engenharias, órgãos públicos e governamentais e em ocasiões de eventos extremos de escassez ou excesso pluvial. Os autores avaliaram a precipitação quinquenal e suas variabilidades visando compreender sua dinâmica e oscilações para o município de Serra Branca – Paraíba. constatado nos quinquênios analisados a predominância de meses com precipitações inferiores à média climatológica, destacando o período de 2014-2018 em que todos os meses, apresentaram precipitações abaixo da média. Evidencia-se a complexidade climática da região, sendo necessário a implementação de estratégias adaptativas e um gerenciamento hídrico eficaz, para mitigar os impactos ocasionados pela variabilidade climáticas.

Oliveira et al, (2023) mostraram que a análise quinquenal pluvial é de grande valia onde registra-se alta vulnerabilidade às secas, e predomina a agricultura de sequeiro e familiar, e aonde a escassez hídrica ocasionar impactos consideráveis para a socioeconomia e a segurança alimentar.

De acordo com o resultado da pesquisa desenvolvida por Silva et al, (2023) as variações pluviais quinquenais foram justificadas por alterações nos padrões de circulação atmosférica e pela ocorrência dos fenômenos El Niño e da Oscilação Sul, que ocasionar anomalias nas precipitações.

Medeiros (2020) realizou o computo do balanço hídrico sequencial para São Bento do Una (PE), como intuito de gerar subsídios ao armazenamento e represamento d'água, em relação à crise hídrica, fornecendo subsídios para preparação de novos planejamento e projeto. mostraram que os impactos climáticos que estão acarretando mudanças no balanço hídrico regional. A degradação ambiental e as ações antrópica estão antecipando o procedimento de mudança do clima local, afetando as condições pluviais e a disponibilidade hídrica.

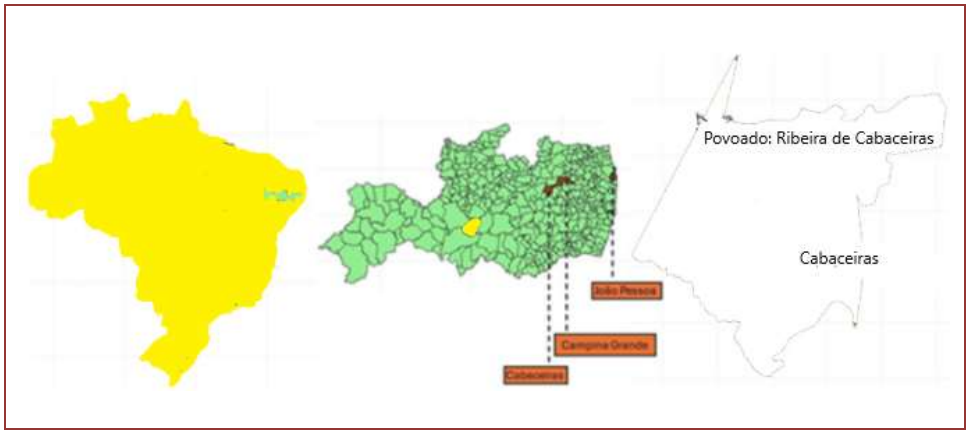
Segundo (Santos et al., 2018 e Matos et al., 2020) a região semiárida, tem-se altas oscilações de temperaturas, elevadas taxas de evapotranspiração e distribuição irregular da precipitação, significando fundamental informações a respeito condições hídricas regional, de modo a torna a atividade agrícola economicamente sustentável.

Objetiva-se estudar as variações climáticas e seus comparativos dos balanços hídricos de sete em sete anos com a sua normal para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil, visando promover informações que possam a vim subsidiar pesquisas relacionadas à produção agropecuária, desenvolvimento e técnicas conservacionistas relacionadas ao uso da água em caso de evento extremos e mudanças climáticas.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceiras, localiza-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2024). O povoado Ribeira, posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W de Greenwich, com altitude de 391 metros, encontra-se na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2024).

Figura 1. Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) Thornthwaite et al, (1953), o clima é do tipo $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

As análises dos procedimentos das distribuições pluviais ao longo da série histórica 2010 a 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025).

A temperatura média foi estimada pelo método de regressão linear múltipla, através do software Estima T (Cavalcanti et al., 2006; Cavalcanti et al., 1994). O balanço hídrico foi estimado através do software Balanços Hídrico desenvolvido em planilhas eletrônicas (Medeiros, 2018).

O cômputo do Balanço Hídrico Climatológico foi processado segundo a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), utilizando-se dos índices de evapotranspiração potencial (ETP) segundo o método de Thornthwaite (1948) (Equação 1) e da capacidade de água disponível de 100 mm (CAD).

$$ETP = 16 \times \left(10 \times \frac{T}{I}\right)^{a} \quad (1)$$

onde:

T - Temperatura média mensal, ºC;

I - Nível de calor;

[a] – Uma função de I.

$$I = \sum_{1}^{12} \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad (2)$$

$$a = 6{,}75 \times 10^{-7} \times I^{3} - 7{,}71 \times 10^{-5} \times I^{2} + 0{,}01791 \times I + 0{,}492 \quad (3)$$

A ETP representa o total mensal evapotranspiradas que acertaria para as condições térmicas do mês com 30 dias e 12 horas de fotoperíodo (N). Assim, a ETP será corrigida em função de N e do número de dias do período (NDP) (Equação 4).

$$COR = \left(\frac{N}{12}\right) \times \left(\frac{NDP}{31}\right) \quad (4)$$

RESULTADO E DISCUSSÃO

A grandeza das mudanças climáticas nos comentários dos fatores meteorológicos é de ampla estima para as pesquisas agropecuários, indústria, comercio, agricultura familiar, recursos hídricos e socioeconômicos, geração de energia, podendo harmonizar tendências, para cenários futuros com melhor entendimento e compreensão da variação climática e das potencialidades e fragilidades ambientais, principalmente para a região semiárido nordestino.

Na Tabela 1, tem-se o esboço do balanço hídrico entre 2010 - 2016, para a área estudada. Com temperatura anual de 25,6ºC, fluindo de 27,1ºC em dezembro a 23,5ºC julho. Chuva anual de 369,9 mm, fluindo de 5,0 mm a 58,8 mm; evapotranspiração anual 1486,1 mm, oscilando de 88,8 mm a 156,1 mm, seu trimestre de maior poder evapotranspirativos são, novembro, dezembro e janeiro e o de menor poder são os meses junho, julho, agosto. Evaporou igua3 aos índices pluviais; com deficiência hídrica anual de 1116,2 mm, não se registrou excedente hídrico.

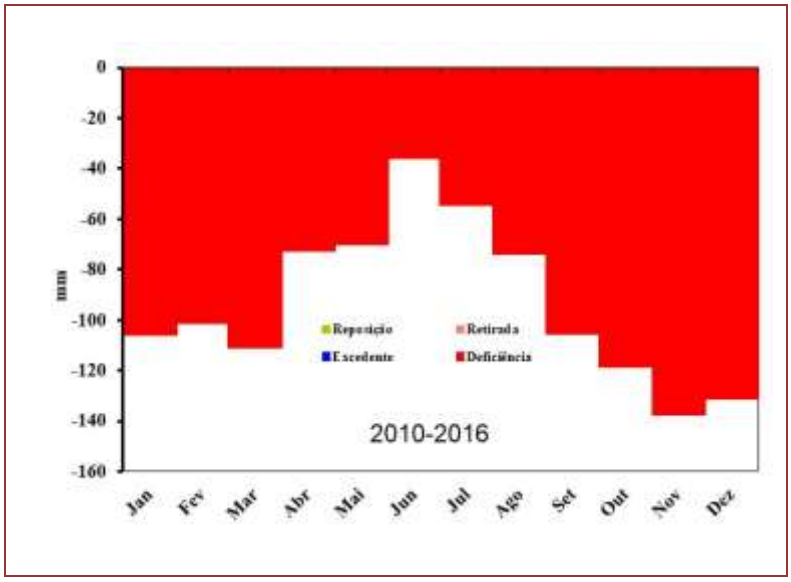
Tabela 1: Esboço do balanço hídrico entre 2010 - 2016, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

Meses	T (ºC)	P (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Janeiro	26,9	42,6	148,3	42,6	105,8	0,0
Fevereiro	26,7	31,7	133,0	31,7	101,4	0,0
Março	26,4	29,6	140,4	29,6	110,8	0,0
Abril	26,0	53,3	125,7	53,3	72,3	0,0
Maio	25,2	44,6	114,4	44,6	69,8	0,0
Junho	24,1	58,8	94,5	58,8	35,8	0,0
Julho	23,5	34,5	88,8	34,5	54,3	0,0
Agosto	23,9	21,9	95,6	21,9	73,7	0,0
Setembro	25,1	5,0	110,3	5,0	105,3	0,0
Outubro	26,1	15,7	134,1	15,7	118,4	0,0
Novembro	26,8	7,2	144,8	7,2	137,5	0,0
Dezembro	27,1	25,0	156,1	25,0	131,2	0,0
Ano	25,6	369,9	1486,1	369,9	1116,2	0,0

Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 2 tem-se o esboço gráfico do balanço hídrico entre 2010-2016 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, com registro de deficiência hídrica moderada a forte, para o período estudado. Estas oscilações foram decorrente das variabilidades pluviais que não supriram as necessidades dos solos locais, o estudo de Cunha filho et al, (2024), corroboram com as discussões.

Figura 2: Gráfico do balanço hídrico entre 2010-2016 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

A Tabela 5 tem-se os tipos de clima mensais registrado nos evapopluviograma, seguidamente dos valores anuais do balanço hídricos, para os períodos 2010-2016. O clima seco (S), foi registrado nos meses de janeiro, abril, maio e julho, o clima Subúmido (SU) no mês de junho, e nos demais meses predominou o clima Árido. O clima predominante é o mesotérmico. O estudo Variabilidade inter mensal e anual do evapopluviograma no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil, (Medeiros 2025), corrobora com as discussões.

Tabela 2: Tipos de clima mensais registrado nos evapopluviograma, seguidamente dos valores anuais do balanço hídricos, para os períodos 2010-2016.

Meses	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Clima	S	A	A	S	S	SU	S	A	A	A	A	A
Índices	Iv	Irs	Irf	Cv	T	P	ETP	DEF	EXC			
Valores	48	6	1	33,6	25,6	369,9	1486,1	1115,2	0,0			

Legenda A = Árido; S = Seco; S = Subúmido; Iv – Índice de vegetação; Irs – Índice de repouso por seca; Isv – Índice de seca na vegetação; T(ºC) = Temperatura média anual; P (mm)= precipitação; ETP (mm) = Evapotranspiração; DEF (mm)= Deficiência hídrica; EXC (mm) = Excedente hídrica.

Fonte: Medeiros (2026).

A Tabela 6, tem-se o esboço do balanço hídrico entre o período 2017 - 2023, as oscilações térmicas fluiram de 23,4 ºC em julho a 27,0ºC dezembro, com índice térmico anual de 25,5ºC, com um total anual pluvial de 395,9 00 e s4as flutuações mensais, oscilando de 1,6 mm em outubro a 89,7 mm março. Os valores evaporativos foram iguais aos pluviais, evapotranspirou superior aos índices pluviais, devido a irregularidades pluviais não ser registrou excedente hídrico, as deficiências hídricas superaram os 1061,5 mm anuais. Estas oscilações foram decorrente das variabilidades pluviais que não supriram as necessidades dos solos locais, o estudo de Cunha filho et al, (2024); Medeiros et al, (2024), corroboram com as discussões.

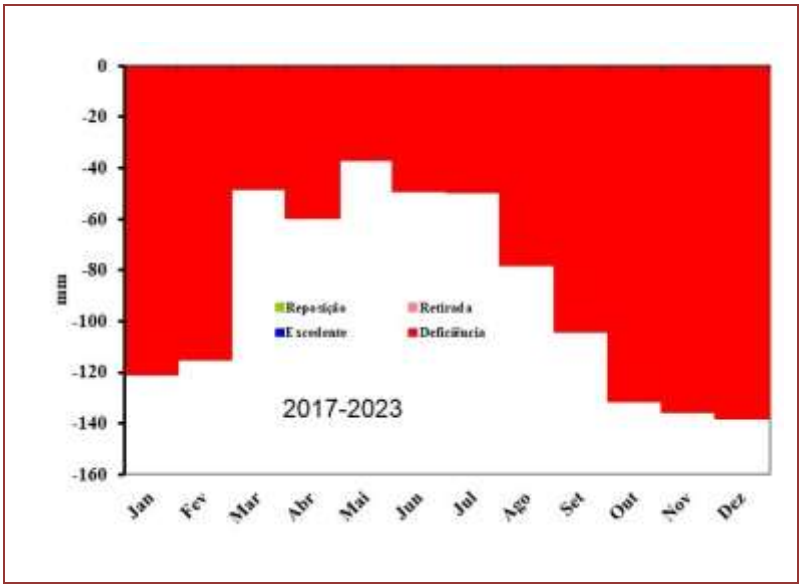
Tabela 3: Esboço do balanço hídrico entre 2017 - 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

Meses	T (ºC)	P (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Janeiro	26,7	22,9	143,8	22,9	120,9	0,0
Fevereiro	26,5	14,6	129,7	14,6	115,1	0,0
Março	26,3	89,7	137,8	89,7	48,1	0,0
Abril	25,8	64,0	123,7	64,0	59,7	0,0
Maio	24,9	74,4	111,1	74,4	36,7	0,0
Junho	24,0	44,6	93,5	44,6	48,9	0,0
Julho	23,4	39,1	88,4	39,1	49,3	0,0
Agosto	23,8	16,7	94,8	16,7	78,2	0,0
Setembro	24,9	4,9	108,9	4,9	104,0	0,0
Outubro	26,0	1,6	132,9	1,6	131,3	0,0
Novembro	26,7	7,6	143,1	7,6	135,5	0,0
Dezembro	27,0	15,7	153,8	15,7	138,1	0,0
Ano	25,5	395,9	1461,5	395,9	1065,6	0,0

Fonte: Medeiros (2026).

O Gráfico do balanço hídrico entre 2017-2023, demonstram a predominância da deficiência hídrica com intensidade forte, acarretada pelas irregularidades pluviais ocorridas, que não supriram as necessidades hídrica do solo (Figura 3). Os estudos de Marengo et al, (2023); Cunha filho et al, (2024) e Medeiros et al, (2024), registram similaridades nas discussões.

Figura 3: Gráfico do balanço hídrico entre 2017-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

O estudo da variabilidade inter mensal e anual do evapopluviograma, correspondente ao período 2017-2023, (Tabela 7), no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil, registrou clima árido nos meses de janeiro, fevereiro e de agosto a dezembro, o clima seco registrou-se em junho e julho, e o clima Subúmido entre março a maio, registra-se a predominância do clima mesotérmico durante o período estudado, as discussões de (Medeiros 2025), corrobora com as discrições.

Tabela 7: Tipos de clima mensais registrado nos evapopluviograma, seguidamente dos valores anuais do balanço hídricos, para o período 2017-2023.

Meses	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Clima	A	A	SU	SU	SU	S	S	A	A	A	A	A
Índices	Iv	Irs	Irf	Cv	T	P	ETp	Def	Exc			
Valores	48	6	1	35,3	25,5	395,9	1461,5	1065,6	0,0			

Legenda A = Árido; S = Seco; S = Subúmido; Iv – Índice de vegetação; Irs – Índice de repouso por seca; Isv – Índice de seca na vegetação; T(ºC) = Temperatura média anual; P (mm)= precipitação; ETP (mm) = Evapotranspiração; DEF (mm)= Deficiência hídrica; EXC (mm) = Excedente hídrica.

Fonte: Medeiros (2026).

Com chuvas más distribuídas e irregulares, inter anos e meses, no período 2010-2023, as quais não supriram as necessidades dos solos e plantas da região e local, Cunha Filho et al, (2024), tais variabilidades dos elementos climáticos, gerados pelo computo do balanço hídrico, estão demonstrados na tabela 8, com registros de acréscimo evapotranspirativos, superior a quatros vezes o valor pluvial, os valores evaporativos foram iguais aos pluviais. As deficiências hídricas registradas em todos os meses, sem ocorrência de excedente hídricos. Os índices pluviais foram abaixo da normalidade.

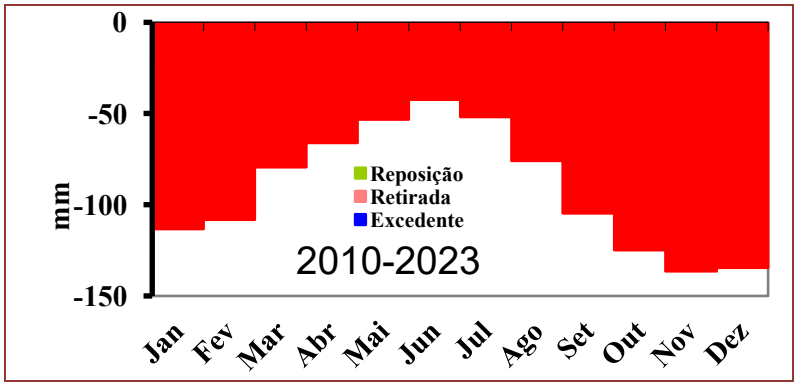
Tabela 8: Esboço do balanço hídrico entre 2010 - 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

Meses	T (ºC)	P (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Janeiro	26,8	32,7	146,0	32,7	113,3	0,0
Fevereiro	26,6	23,2	131,4	23,2	108,2	0,0
Março	26,3	59,7	139,1	59,7	79,4	0,0
Abril	25,9	58,7	124,7	58,7	66,0	0,0
Maio	25,0	59,5	112,8	59,5	53,2	0,0
Junho	24,1	51,7	94,0	51,7	42,3	0,0
Julho	23,4	36,8	88,6	36,8	51,8	0,0
Agosto	23,9	19,3	95,2	19,3	75,9	0,0
Setembro	25,0	4,9	109,6	4,9	104,6	0,0
Outubro	26,1	8,6	133,5	8,6	124,9	0,0
Novembro	26,8	7,4	143,9	7,4	136,5	0,0
Dezembro	27,0	20,3	154,9	20,3	134,6	0,0
Ano	25,6	382,9	1473,7	382,9	1090,8	0,0

Fonte: Medeiros (2026).

Durante o período em estudo, registrou-se deficiência hídrica forte a moderada, decorrente das irregularidades pluviais e atmosféricas, similaridades ve0 a corroborar com os re43tad6s discutidos por França et al, (2022) as discussões de (Medeiros 2025).

Figura 4: Gráfico do balanço hídrico entre 2010-2023 no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Observa-se no evapopluviograma que a interação precipitação versus evapotranspiração ao longo do ano encontra-se dentro da faixa Mesotérmica, onde de maio a julho, tem-se os climas subúmido e seco e para os demais meses está inserido no setor árido. A disposição da evapotranspiração potencial e precipitação pluvial no evapopluviograma, resultando nas quatro zonas térmicas e nos seis setores de hídricos, são instrumentos eficientes para a caracterização do clima de uma região específica para a exploração de uma determinada cultura (Alves, 2013). O estudo Variabilidade inter mensal e anual do evapopluviograma no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil, (Medeiros 2025), corrobora com as discussões.

Os resultados do evapopluviograma, tipos de clima, os valores dos índices e do balanço hídrico, estão representados na tabela 9. tem-se os tipos de clima mensais registrado nos evapopluviograma, seguidamente dos valores anuais do balanço hídricos, para os períodos 2010-2023. O clima seco (S), foi registrado em abril e julho, o clima Subúmido (SU) nos meses de maio e junho, e nos demais meses predominou o clima Árido. O clima predominante é o mesotérmico. O estudo Variabilidade inter mensal e anual do evapopluviograma no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil, (Medeiros 2025), corrobora com as discussões.

As discrições dos índices e do balanço hídrico, seguidamente das variabilidades dos tipos de clima, podem ser visualizado na tabela 9,

Tabela 9: Tipos de clima mensais registrado nos evapopluviograma, seguidamente dos valores anuais do balanço hídricos, para o período 2010-2023.

Meses	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Clima	A	A	A	S	SU	SU	S	A	A	A	A	A
Índices	Iv	Irs	Irf	Cv	T	P	ETp	Def	Exc			
Valores	48	8	1	30,1	25,6	382,9	1473,7	1090,8	0,0			

Legenda A = Árido; S = Seco; S = Subúmido; Iv – Índice de vegetação; Irs – Índice de repouso por seca; Isv – Índice de seca na vegetação; T(ºC) = Temperatura média anual; P (mm)= precipitação; ETP (mm) = Evapotranspiração; DEF (mm)= Deficiência hídrica; EXC (mm) = Excedente hídrica.

Fonte: Medeiros (2026).

Na tabela 10 observam-se as variabilidades dos Índices: umidade, aridez e hídrico para os períodos, 2010-2016; 2017-2023 e 2010-2023 com o auxílio da CAD de 100 mm. O índice de umidade (IU) concebe o excesso hídrico expresso em percentagem da necessidade que é simulada pela evapotranspiração potencial, anuais. Observa-se flutuabilidades insignificativas nos índices de umidade. O Índice de Aridez (Ia) é definido em função da deficiência e evapotranspiração potencial (ambas anuais). Registra-se pequenas variabilidades nos I_a, assim como, nos índices I_h.

Tabela 10: Variabilidades dos Índices: umidade, aridez e hídrico, para os períodos, 2010-2016; 2017-2023 e 2010-2023, no povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba.

Período/ Índices	I_u	I_a	I_h
2010-2016	75,11	0,75	-0,45
2017-2023	72,91	0,73	-0,44
2010-2023	74,02	0,74	-0,44

Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

As oscilações e suas variações pluviais e térmicas não são suficientes para caracterizar regime de mudanças climáticas, todavia é notório a ocorrência de eventos extremos, ocasionado pela atuação da instabilidade atmosférica e seus movimentos de regional e local.

As análises concretizadas simulam uma aderência dos potenciais para a área estudada, em adjacências ao clima, recursos hídricos e das reais necessidades d'água para as obrigações básicas e das atividades de importância no setor socioeconômico, concebidas por meio do balanço hídrico.

A relação evapotranspiração e precipitação em seus valores anuais evidenciaram que precipita menor que evapotranspiração, consistem no fato do solo reter água. O regime de chuvas, com uma estação seca bem definida, associado à má distribuição das chuvas durante a estação chuvosa e a pobreza de nutrientes dos solos, em geral, exigem alto nível técnico para a produção agrícola, sendo recomendável a adoção de práticas de manejo que visem conservar a água no solo.

REFERÊNCIA

[1] ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Viena -AT, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

[2] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1), p. 140-147.

[3] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. 1994. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais..., Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157.

[4] CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M. V.; LAGES, M. G. M. O.; HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ª Edição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. 2024, P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6

[5] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

[6] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm

[7] LIMA, M.G.M; ARAÚJO, M.S.F.; MEDEIROS, R.M. Variabilidade Quinquenal da Precipitação do município de Serra Branca - Paraíba, Brasil. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v.14, n.02. (2024) 1070-1076.

[8] MATOS, R. M.; MEDEIROS, R. M. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial para o município de Barbalha - CE. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 3, p. 973-982, 2020.

[9] MEDEIROS, R.M.; CUNHA FILHO, M.; HOLANDA, R.M.; FRANÇA, M.V. balanço hídrico e suas mudanças no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, Brasil, 1ªEdição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. 2024 P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6

[10] OLIVEIRA, J. R.; SANTOS, P. F. (2023). Impactos das mudanças climáticas na segurança alimentar. Revista de Agroecologia, 8 (2), 85–98. https://doi.org/10.1016/j.ragro.2023.02.004.

[11] RÁPALO, L.M.C.; ULIANA, E.M.; MOREIRA, M.C.; SILVA, D.D.; RIBEIRO, C.B.M.; CRUZ, I.F.; PEREIRA, D.R. Effects of land-use and-cover changes on streamflow regime in the Brasilian Savannah. Journal of Hydrology: Regional Studies, v.38, 100934, 2021.

[12] SANTOS, E.F.N.; BARRETO, I.D.C.; BARBOSA, E.A.S.; CAMPOS, L.; SILVA, A.S.A. Contribuição das técnicas multivariadas a índices de seca na compreensão das otto-regiões da bacia do São Francisco. Research, Society and Development, v.10, n.3, p.e7210313118, 2021.

[13] SILVA, A. B.; MENDES, C. F. (2023). Mudanças recentes nos padrões de precipitação no Nordeste Brasileiro: Impactos e tendências. Journal of Climate Change, 19 (2), 205–220. https://doi.org/10.1016/j.joclim.2023.01.015.

[14] THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geography Review, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

[15] THORNTHWAITE, C.W. The climates of North America according to a new classification. The Geographical Review, v. 21, p. 633-655, 1931.

[16] THORNTHWAITE, C.W. The climates of the earth. The Geographical Review, v. 23, p. 433-440, 1933.

[17] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance: publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104 p. 1955.

Capítulo 9

Povoado Ribeira de Cabaceiras e suas flutuações do balanço hídrico em período de el niño e la niña visando às oscilações erosivas

Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Raimundo Mainar de Medeiros
Cristiano José da Silva
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Rita de Cassia Cunha Saboya
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya

Resumo: As ocorrências das chuvas extremas são acusada de ocasionares erosão e movimentos de massa, como escorregamentos e deslizamentos de solo. Realizar o computo do balanço hídrico normal, e em fase dos fenômenos El Niño e La Niña, visando à ocorrência da variabilidade erosiva para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba. Os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos. Utilizaram-se dos valores da temperatura estimadas pelo software Estima_T, para o mesmo período pluvial. O modelo utilizado para determinar o balanço hídrico foi o proposto por Thornthwaite. Para determinar o fator erosividade utilizou-se da equação proposta por Wischmeier e Smith. O fator R é o somatório dos valores da erosividade mensal. Em ocorrências aos anos de La Niña de intensidades fortes, registra-se tendência pluviais abaixo do esperado, embora as variações dos índices erosivos superem as perspectivas de maiores incidências. A interferência antrópica é causa fundamental das variabilidades climáticas ocorrida no estudo e das variações erosivas registradas durante o período. As dificuldades erosivas, na área estudada, são resultantes da combinação de processo de ocupação dos solos e do regime climático e do sistema (a)biótico propício a sua ocorrência de forma intensa.

Palavras chave: Balanço hídrico; El Niño oscilação sul; Excedente e Deficiências hídricas; Eventos extremos.

INTRODUÇÃO

Medeiros,(2020) mostraram que o s elementos do balanço hídrico (BH) de uma alguma área adaptar-se as potenciais e fragilidades para a plantação agrícola, os excedentes hídricos e suas ajudas ao poder erosivo em períodos de eventos climáticos como El Niño e La Niña.

Silva et al, (2017) estudando as flutuações pluviométricas sobre episódio climático El Niño/La Niña em relação às chuvas em São Bento do Una – Pernambuco, que enfrenta crise hídrica nos dias atuais. Os autores averiguaram influência antrópica na atual situação de seca da região, maiores estudos em fenômenos de larga escala serão necessários para a identificação dos fatores antrópicos, e dessa forma propor soluções para a seca da área estudada.

Os autores Holanda et al, (2019); Matos, et al (2018) mostraram que o computo do BH foi adquirido calculando a demanda e a disponibilidade hídrica da precipitação (P), evapotranspiração (ETP), evaporação (EVR), armazenamento d'água (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC). Por meio das informações dos fluxos de entrada (chuva) e saída (evaporação) d'água no solo, o BH, demonstram seus períodos de deficiência e excedente hídrico, fornecendo informações valiosas para os agricultores, pesquisadores e tomadores de decisões, entre tantas outras aplicações da área.

Segundo Luz et al. (2018) os eventos climáticos como o El Niño - Oscilação Sul (ENOS) cooperam para que essa variabilidade do ENSO ocorra de maneira mais intensa, influenciando nos fenômenos atmosféricos que por sua vez provocam baixa redução de nuvens e índices pluviais. Essas reduções pluviais podem ocasionar episódios de seca moderada a grave.

Em anos de eventos El Niño, cerca de 52% dos valores de precipitação de Mossoró (RN) registraram-se abaixo da média histórica. Com relação aos anos nos quais ocorreu o fenômeno La Niña, verificou-se pluviosidade acima da média em 46% (Pereira, 2002).

Santos et al (2018) asseguram que a partir do estudo do ENSO e dos eventos El Niño e La Niña, podem-se realizar previsão para ocorrências de eventos extremos de chuva ou seca, de uma área, a fim de favorecer ao setor agrícola, o qual depende das ocorrências de chuvas para uma produção significativa para o desenvolvimento socioeconômico de um local.

Segundo Oliveira et al (2017) os fenômenos meteorológicos de larga escala El Niño e La Niña, que ocorrem devido às mudanças periódicas nas temperaturas da superfície do oceano Pacífico. O El Niño é associado a um aquecimento anômalo das águas do oceano, enquanto o La Niña está relacionado a um resfriamento anômalo. Essas variações têm efeitos globais nos padrões climáticos, incluindo a precipitação.

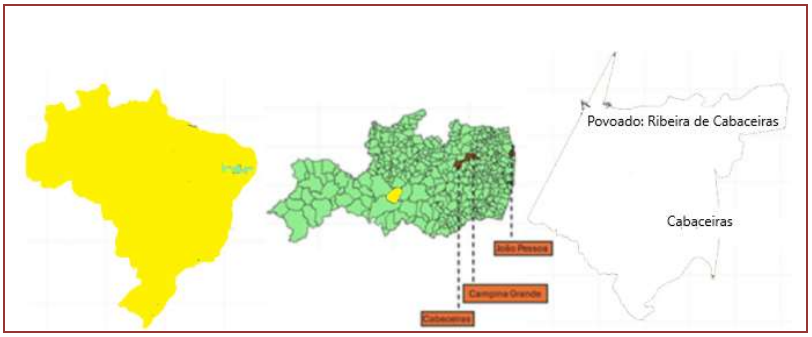
França et al. (2020) obter o cômputo do BH em fase aos episódios El Niño e La Niña, abalizando as ocorrências possíveis de erosões em Amparo de São Francisco (SE), os autores forneceram elementos aos tomadores de decisões governamentais para que possam realizar planejamento que venham reduzir as perdas de solo na região. O acontecimento de erosão, em estudo, é resultantes da combinação de processo de ocupação e técnicas do território desordenadas, solos frágeis e do regime climático propício a sua ocorrência de forma intensa, além das contribuições abióticas. Os índices de aridez têm contribuição para o processo erosivo quando do episódio La Niña (3,63%), seguidamente dos períodos de El Niño (21,78%) e da pluvial (1963-2019) (35,85%).

Tem-se por objetivo realizar o computo do balanço hídrico normal, e em fase dos fenômenos El Niño e La Niña visando à ocorrência da variabilidade erosiva para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, PB.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceiras, localiza-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2024). O povoado Ribeira, posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W de Greenwich, com altitude de 391 metros, encontra-se na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2024).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

O povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba insere-se nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Seus principais cursos da água são os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, e os riachos do Pombo, Gangorra, Pocinho, da Varjota, do Tanque, Fundo, Algodoais, do Junco e Macambira. No povoado situa-se o Açude Público Epitácio Pessoa, comumente conhecido como açude de Boqueirão (AESA 2024).

A vegetação nativa está perdendo espaço para as algarobas (planta invasora) pois é a vegetação predominante na área estudas além do solo que se encontram alterados devido aos impactos ambientais decorrentes da urbanização e arborização.

clima e suas variações temporais exercem grandes influencias sobre a sociedade e a natureza, podendo ser positiva ou negativa. Sendo o ser humano e a sociedade vulnerável as variações climáticas, as atividades do homem são essencialmente voltadas para a agropecuária e o armazenamento de água e sua distribuição para a sobrevivência. A pergunta que fica atualmente é se o clima global é vulnerável ao homem.

Segundo o método de Thornthwaite (1948) Thornthwaite et al, (1953), o clima é do tipo $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2024).

Utilizaram-se dos valores da temperatura estimadas pelo software Estima_T (Cavalcanti et al 1994; Cavalcanti, et al 2006), para o mesmo período pluvial. Determinaram-se os coeficientes da função quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude de acordo com os autores Cavalcanti et al (2006) dada por:

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2Ø + C_3h + C_4\lambda_2 + C_5Ø_2 + C6h_2 + C7\lambda Ø + C_8\lambda h + C_9Øh \qquad (1)$$

Em que:

C0, C1,...., C_9 são as constantes;

λ, λ_2, λ Ø, λ h longitude;

Ø, $Ø_2$, λ Ø latitude;

h, h_2, λ h, Ø h altura.

Também estimaram a série temporal de temperatura, adicionando a esta à anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical (Cavalcanti et al, 2006).

$$Tij = Ti + AATij \; i= 1,2,3,...,12 \; j= 1950, 1951, 1952,....2019 \qquad (2)$$

Em que:

i= 1,2,3,...,12

O BH utilizado, para calcula a disponibilidade d'água para estabelecer os valores numéricos dos índices de aridez. Contabiliza a precipitação perante a evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de campo de armazenamento de água (CAD).

O modelo utilizado para determinar o BHC foi o proposto por Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al (1955) e efetivado a sua estrutura de cálculo por planilhas eletrônicas desenvolvida por Medeiros, (2016).

Para determinar o fator erosividade utilizou-se da equação proposta por (Wischmeier et al., 1958; Wischmeier et al., 1971 e Wischmeier et al., 1978) definida como:

$$EI_{30} = 67{,}355\ (r^2/P)e^{0,85} \qquad (3)$$

sendo:

EI_{30} índice de erosividade das chuvas (MJ. Mm/ ha. h. ano);

r a precipitação média mensal (mm); e p a precipitação média anual (mm).

O fator R (erosividade das chuvas) permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo, para que assim se faça um manejo adequado e ocupação correta do mesmo. O cálculo desse fator é o somatório dos dados mensais da erosividade, segundo a equação 4:

$$R = \sum_{1}^{12} EI_{30} \qquad (4)$$

O Índice Oceânico Niño (ION) é utilizado para identificação de possíveis anomalias na temperatura da superfície do mar superfície oceânica, através de média móvel de três meses, conforme a Tabela 1. Quando o ION for maior que 0,5°C por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como El Niño e quando o índice for menor que -0,5°C por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como La Niña. Os anos que não ocorreram à atuação destes fenômenos foram considerados como neutros.

Tabela 1: Classificação da intensidade do Índice Oceânico El Niño e La Niña.

Evento	Índice Oceânico - ION	Intensidade
El Niño	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,4	Moderada
	≥ 1,5	Forte
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,4	Moderada
	≤ -1,5	Forte

Fonte: Golden Gate Weather Service (2014)

A classificação climática foi concretizada conforme a oscilação pluvial descrita na Tabela 2. Essa tabela é utilizada pelos núcleos de meteorologia dos Estados e Pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) para a realização das classificações mensais e anuais pluviais para os locais da Região Nordeste Brasileiro (NEB).

Tabela 2: Critérios de classificação utilizados para classificar o desvio percentual mensal e anual do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

Critério de classificação	
Desvio percentual	Classificação
± 0,0 a 25,0%	Normal
± 25,1 a 45,0%	Seco/chuvoso
± 45,1 a 70,0%	Muito seco/muito chuvoso
± 70,1 a >100,0%	Extremamente soco/Extremamente chuvoso

Fonte: CPTEC/INPE/Núcleos de Meteorologia (2010).

RESULTADO E DISCUSSÃO

As análises pluviais são extraordinárias visto que, permite detectar suas tendências ou mudanças no clima, nas escalas locais, regionais, global (Holanda et al, 2016). Os autores afirmaram ainda que o excesso ou a falta de chuva pode ser favorável ou prejudicial ao desenvolvimento da socioeconômica, todavia o diagnóstico pluvial é de extrema importância ao longo de um período histórico.

A tabela 3, representa as variações das classificações inter mensais e anuais da pluviometria entre os anos de 2010 – 2023, os quais apresentaram as seguintes variações. 47 meses de com chuva extremamente seco, 31 meses com classificação extremamente chuvoso. As classificações muito seco e chuvoso registraram 18 e 19 meses respectivamente. 34 meses considerado como chuvas entre a normalidade, já os meses considerados seco e chuvosos foram 19 e 9. Estudos que tem similaridades de resultados, podem ser revisto em Cunha Filho et al, (2024); Marengo et al, (2021); IPCC (2022).

Tabela 3: Classificações, mensais e anuais pluviais, entre 2010 – 2023, do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.

Anos/ Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
2010	EC	MS	MS	S	ES	EC	S	S	N	EC	ES	N	N
2011	MC	ES	MS	S	ES	EC	S	EC	N	EC	ES	C	N
2012	EC	ES	MC	C	EC	N	EC	EC	ES	ES	MC	ES	MC
2013	N	EC	MS	EC	MS	S	MS	ES	ES	ES	ES	ES	MS
2014	ES	ES	ES	MC	MS	S	MC	MC	MC	N	EC	C	N
2015	ES	EC	ES	N	EC	S	N	S	MC	MS	N	EC	N
2016	MC	C	ES	N	ES	MS	ES	MS	MC	MS	ES	S	S
2017	ES	ES	ES	N	ES	S	N	MS	EC	ES	ES	ES	MS
2018	C	MS	MS	C	ES	ES	ES	ES	ES	ES	EC	ES	S
2019	C	S	N	MC	ES	MS	MC	EC	S	ES	ES	ES	N
2020	ES	C	EC	MC	N	S	MS	ES	EC	ES	S	ES	N
2021	N	N	N	N	N	N	N	N	S	ES	ES	MC	N
2022	MC	ES	EC	S	EC	EC	EC	EC	ES	ES	EC	EC	EC
2023	S	N	C	N	MC	MC	S	MS	EC	N	N	N	N

Legenda: EC = Extremamente chuvoso; ES = Extremamente seco; MC = Muito chuvoso; MS = Muito seco; S = Seco; C = Chuvoso; N = Normal.

Fonte: Medeiros (2026).

A tabela 4 foi preenchida com o Índice Oceânico Niño (ION) utilizado para identificação de possíveis anomalias na temperatura da superfície do mar superfície oceânica, através da média móvel de três meses, conforme a Tabela 1.

Registrou-se dois episódios forte de La Niña, e três episódios forte de El Niño; um episódio fraco para El Niño e La Niña; quatro episódio moderado para o fenômeno La Niña e cinco episódio moderado para o El Niño.

Tabela 4: Anos, eventos de larga escala (El Niño/La Niña), classificações e intensidade para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba.

Anos	Classif	Intensidade	Anos	Classif	Intensidade	Anos	Classif	Intensidade
2010	La Niña	Forte	2015	El Niño	Forte	2020	La Niña	Moderada
2011	La Niña	Forte	2016	El Niño	Forte	2021	El Niño	Moderado
2012	El Niño	Moderado	2017	La Niña	Moderada	2022	La Niña	Moderada
2013	El Niño	Fracos	2018	El Niño	Moderado	2023	El Niño	Moderado
2014	La Niña	Fracos	2019	El Niño	Moderado			

Legenda: Classif = Classificação
Fonte: Medeiros (2026).

A CAD de 100 mm (Tabela 5) foram insuficientes para ocasionar excedente hídrico, e reduzir os poderes evaporativos e evapotranspirativos, estudos similares como o de França et al, (2022) confirmam os resultados. Deste modo, o amplo espectro das variações, que ocorrem nos sistemas de meso e microescala, local, regional, continental e global e nas escalas de tempo, como, diária, semanal, mensal, anual, decadal e secular, são características intrínsecas e marcantes do clima.

As oscilações térmicas fluiram de 23,4ºC (julho) a 27,0ºC (dezembro), com 25,6ºC (anual). Os valores evaporativos foram igual aos índices pluviais, tudo que choveu evaporou estantaneamente. Não se registrou excedentes hídricos. Evapotranspirou 25,98%, acima dos índices pluviais, a ETP oscilou de 88,6 mm (julho) a 154,9 mm (dezembro). As deficiências hídricas fluíram de 42,3 mm (junho) a 136,5 mm (novembro), totalizando 1090,8 mm. As colunas Prec/ETP(%) e Prec/EVR(%), representa as taxas evaporativos e evapotranspirativos mensais e anual registras no estudo. Resultados similares foram detectados no estudo de França et al, (2020) e Vilar et al, (2020).

Tabela 5: Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) para média de precipitação e temperatura entre 2010 a 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.

Meses	T (ºC)	P (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	Prec/ETP (%)	Prec/EVR (%)
Janeiro	26,8	32,7	146,0	32,7	113,3	0,0	22,4	100
Fevereiro	26,6	23,2	131,4	23,2	108,2	0,0	17,62	100
Março	26,3	59,7	139,1	59,7	79,4	0,0	42,9	100
Abril	25,9	58,7	124,7	58,7	66,0	0,0	47,06	100
Maio	25,0	59,5	112,8	59,5	53,2	0,0	52,8	100
Junho	24,1	51,7	94,0	51,7	42,3	0,0	54,99	100
Julho	23,4	36,8	88,6	36,8	51,8	0,0	41,54	100
Agosto	23,9	19,3	95,2	19,3	75,9	0,0	20,25	100
Setembro	25,0	4,9	109,6	4,9	104,6	0,0	4,511	100
Outubro	26,1	8,6	133,5	8,6	124,9	0,0	6,474	100
Novembro	26,8	7,4	143,9	7,4	136,5	0,0	5,156	100
Dezembro	27,0	20,3	154,9	20,3	134,6	0,0	13,12	100
Ano	25,6	382,9	1473,7	382,9	1090,8	0,0	25,98	100

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

Com chuvas abaixo da normalidade e má distribuída para a CAD 100 mm no Povoado Ribeira de Cabaceiras(Figura 2) observam-se predominância das deficiências hídricas em todos os meses, ocasionada pela má distribuição pluvial que não superou as necessidades do solo. Resultados similares foram detectados por Silva et al (2017), Vilar et al, (2020).

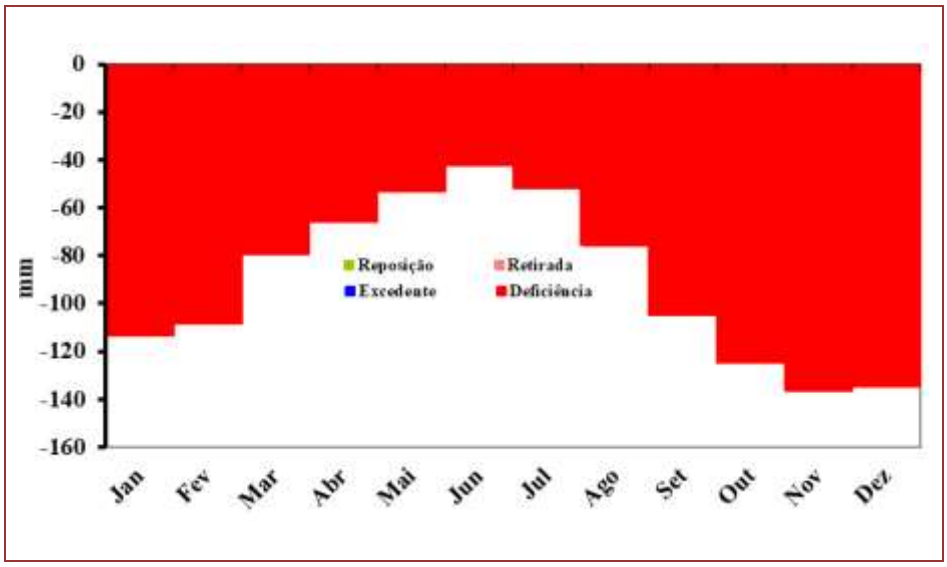


Figura 2 – Representação gráfica do balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) para média de precipitação e temperatura entre 2010 a 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.

Fonte: Medeiros (2026).

O Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) para média de precipitação e temperatura com episódio de El Niño, (Tabela 6), no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba. Registrou temperatura anual de 25,6ºC e suas flutuações fluiram de 23,4ºC (julho) a 27,2ºC (dezembro). A precipitação total foi de 354,9 mm, e suas oscilações fluíram de 2,1 mm (outubro) a 59,2 mm (abril). Os valores da evaporação foram iguais aos pluviais, tantos mensais com anual. Evapotranspirou 24,01% acima do valor pluvial anual. Não se registou excedentes hídricos. As deficiências totalizaram 1123,3 mm. As chuvas isoladas, irregulares e má distribuídas, contribuíram para as ocorrências das erosões, principalmente onde o solo estava nu, sem vegetação nativa e rasteira, e nas declividades acima de 15º. Cunha Filho et al (2024); Marengo et al (2021); IPCC (2022), demonstram similaridades de discussões.

Tabela 6: Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) para média de precipitação e temperatura para os episódios de El Niño, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.

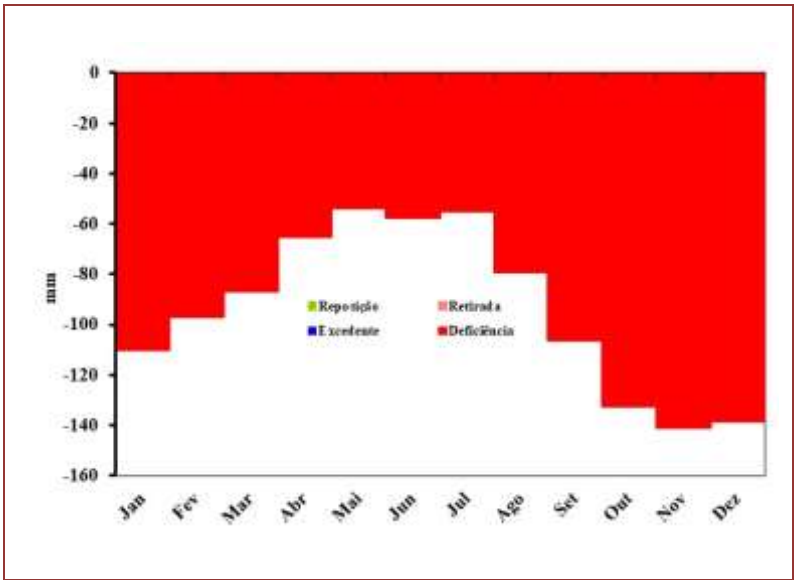
Meses	T (ºC)	P (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	Prec/ETP (%)	Prec/EVR (%)
Janeiro	26,8	35,7	145,8	35,7	110,1	0,0	24,49	100
Fevereiro	26,6	34,1	131,0	34,1	96,9	0,0	26,04	100
Março	26,3	52,2	139,0	52,2	86,8	0,0	37,56	100
Abril	25,9	59,2	124,5	59,2	65,4	0,0	47,52	100
Maio	25,0	58,1	111,8	58,1	53,6	0,0	52,02	100
Junho	24,0	35,9	93,6	35,9	57,7	0,0	38,4	100
Julho	23,4	33,4	88,7	33,4	55,3	0,0	37,69	100
Agosto	23,9	16,2	95,5	16,2	79,3	0,0	16,95	100
Setembro	25,0	4,1	110,4	4,1	106,3	0,0	3,692	100
Outubro	26,2	2,1	134,8	2,1	132,7	0,0	1,539	100
Novembro	26,9	4,8	145,8	4,8	140,9	0,0	3,31	100
Dezembro	27,2	19,1	157,4	19,1	138,4	0,0	12,1	100
Ano	25,6	354,9	1478,2	354,9	1123,3	0,0	24,01	100

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

Na representação gráfica do balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) para média de precipitação e temperatura com episódio de El Niño, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba,(Figura 3), tem-se a predominância das deficiências hídricas moderadas a forte, ocsionado pela CAD de 100 mm e a má distribuição pluvial, que não supriram as necessidades hídricas da região. Os estudos de Franca et al, (2020); Vilar et al, (2020) apresentaram similaridades nos resultados em discussões.

Figura 3: Representação gráfica do balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) para média de precipitação e temperatura com episódio de El Niño, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Os valores pluviais igualaram-se aos evaporados, tanto mensal como anual. A evapotranspiração anual, superou os indicies pluviais em 72,08%. Não se registrou excedentes hídricos. As deficiências hídricas fluiram de 8,5 mm (fevereiro) a 64,8 mm (junho). A flutuação térmica fluiu de 2,4ºC (julho) a 26,9ºC (dezembro), a temperatura anual foi de 25,5ºC. A precipitação total foi de 1058,0 mm, com flutuação de 129,7mm (novembro) a 29,7 mm (junho), (Tabela 7).

A CAD de 100 mm, não foi necessário e suficiente para ocasionar, variabilidades melhore nos elementos do balanço hídrico. Os estudos de Franca et al, (2020); Vilar et al, (2020) apresentaram similaridades nos resultados em discussões.

Tabela 7: Balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) para média de precipitação e temperatura os episódios de La Niña, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.

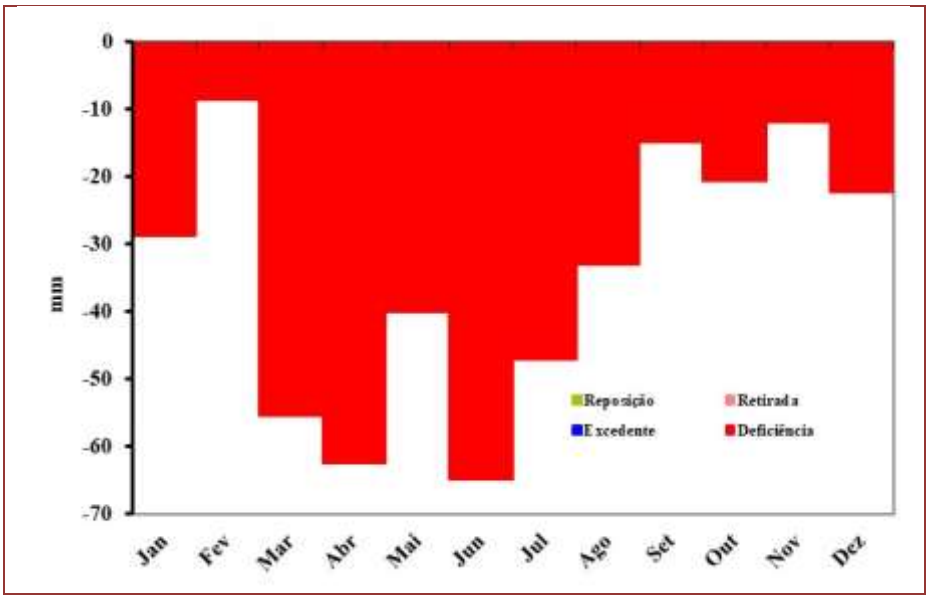
Meses	T (ºC)	P (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	Prec/ETP (%)	Prec/EVR (%)
Janeiro	26,8	117,6	146,3	117,6	28,7	0,0	80,4	100
Fevereiro	26,6	123,4	131,9	123,4	8,5	0,0	93,56	100
Março	26,3	83,7	139,2	83,7	55,5	0,0	60,13	100
Abril	25,9	62,4	124,9	62,4	62,5	0,0	49,98	100
Maio	25,1	74,0	114,1	74,0	40,1	0,0	64,84	100
Junho	24,1	29,7	94,5	29,7	64,8	0,0	31,43	100
Julho	23,4	41,4	88,5	41,4	47,1	0,0	46,81	100
Agosto	23,8	61,8	94,8	61,8	33,0	0,0	65,22	100
Setembro	24,9	93,6	108,5	93,6	14,9	0,0	86,26	100
Outubro	26,0	111,2	131,8	111,2	20,6	0,0	84,37	100
Novembro	26,7	129,7	141,5	129,7	11,8	0,0	91,63	100
Dezembro	26,9	129,4	151,7	129,4	22,3	0,0	85,31	100
Ano	25,5	1058,0	1467,8	1058,0	409,7	0,0	72,08	100

Legenda: Temperatura (T), Precipitação (P), Evapotranspiração (ETP), Evaporação (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excedente Hídrico (EXC).

Fonte: Medeiros (2026).

A representação gráfica do balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) para média de precipitação e temperatura com episódio de La Niña (Figura 4), no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba, registra deficiências hídricas em todos os meses, chama-se a atenção da flutuabilidade da deficiência hídrica entre os meses de março a julho com altas intensidades, ocasionadas pela má distribuição pluvial e as não contribuições dos efeitos locais e regionais. Os estudos de Franca et al, (2020); Vilar et al, (2020) apresentaram similaridades nos resultados em discussões.

Figura 4: Representação gráfica do balanço hídrico com capacidade de água disponível no solo (CAD 100 mm) para média de precipitação e temperatura com episódio de La Niña, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.



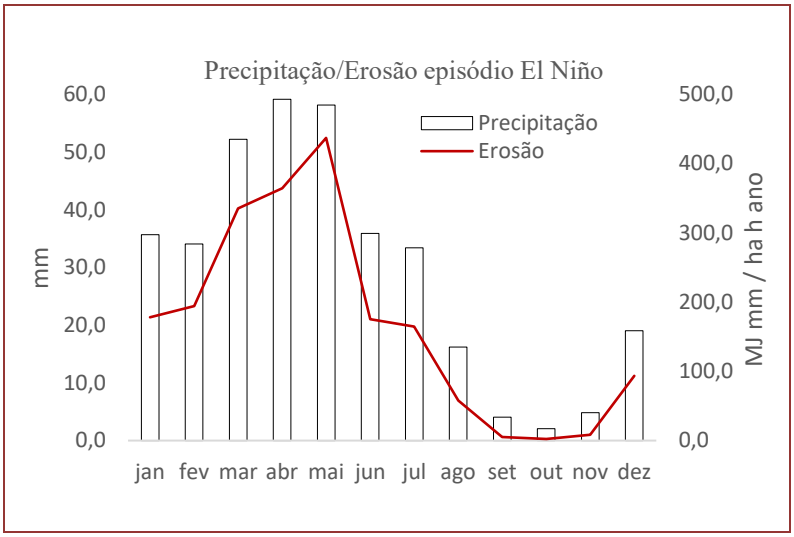
Fonte: Medeiros (2026).

A distribuição mensal pluvial e erosiva nos episódios de ocorrências do fenômeno de larga escala El Niño, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, está representada na figura 5. Destaca-se os meses de agosto a dezembro, com os menores índices pluviais e erosivos, as ocorrências das chuvas foram de baixa magnitudes e intensidade, fluindo de 2,1 mm a 19,1, totalizando 13% o valor anual pluvial, os elementos que não contribuíram para as ocorrências das chuvas foram: ausência de nuvens, incidência da insolação e radiação direta a superfície, movimentos verticais descendentes em pelas atividades, troca de calor, e cobertura de solo nu, seguidamente de focos de incêndios e queimadas.

No período de janeiro a julho os índices pluviais totalizaram 87% do valor anual, onde se registrou chuvas moderadas a forte de maio a julho, com alta variabilidade e intensidade, ocasionadas por formação de linha de instabilidade e de aglomerados convectivos, pulso insolados da Zona de Convergência Intertropical, com as contribuições dos efeitos locai e regional ativos. Cunha Filho et al (2024); Marengo et al (2021), corroboram com as discussões.

Entre janeiro a julho os índices erosivos não receberam grandes contribuições pluviais, e fluiram abaixo da climatologia, possivelmente com as ocorrências das chuvas só foram carreadas a superfície do solo onde ocorrem maiores atividades abiótica e animal, os meses de agosto e dezembro, os índices erosivos foram mais ativos ocasionados pelos efeitos locais e vento, outros fatores ocasionaram erosão de setembro a dezembro, o que devem ser estudados futuramente.

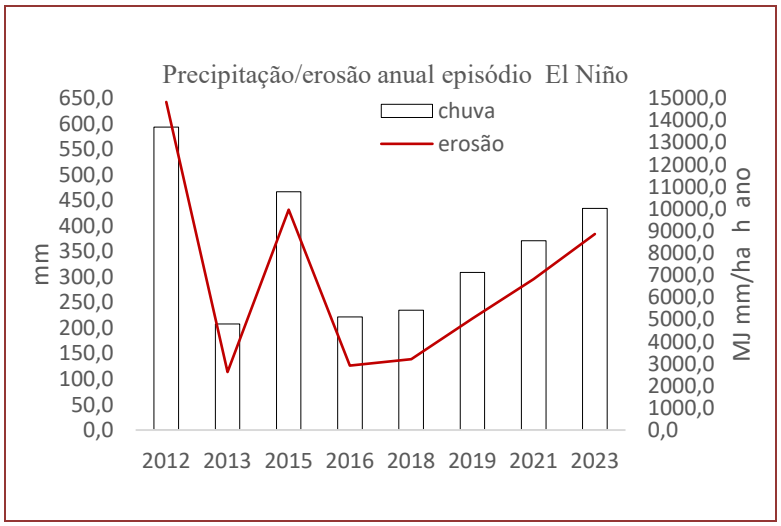
Figura 5: Distribuição mensal pluvial e erosiva em episódio El Niño, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações pluviais e erosivas anuais, em episódio de El Niño, nos mostram que o ano de 2012 e 2013 foram os anos de maiores e menores ocorrências dos elementos em estudos, seguidamente do ano de 2015, destaca-se uma flutuação crescente dos fatores entre 2016 a 2023 (Figura 6). Similaridades com este estudo pode ser encontradas por França et al,. (2020). Os índices pluviais de altas intensidades foram ocasionados por temporais de curto intervalo de tempo e de alta magnitude pluvial. (Marcuzzo et al, 2012; Marengo et al, 2010).

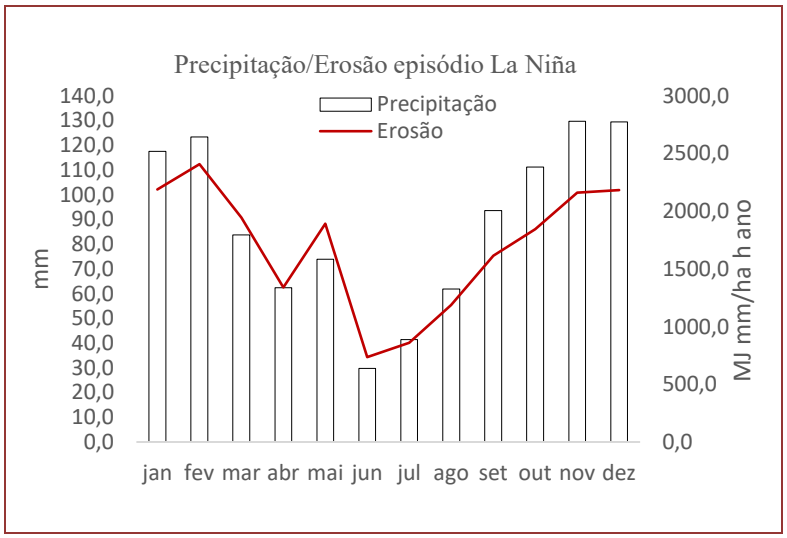
Figura 6: Distribuição anual pluvial e erosiva em episódio El Niño, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 7, registrou-se erosividade inferiores a pluviometria de agosto a fevereiro, erosividade superior a pluviometria nos meses de março, maio e junho e próximo a chuvas no mês de abril.

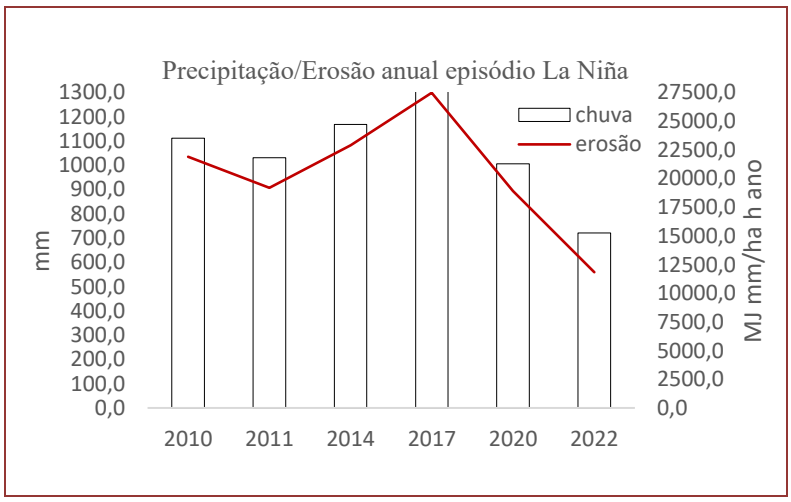
Figura 7: Distribuição pluvial e erosiva em episódio La Niña, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

As flutuações anuais, erosivas e pluviais, em episódio de La Niña (Figura 8), nos demonstram as variabilidades erosivas inferiores aos índices pluviais nos anos 2010, 2011, 2014 e 2022, os anos 2017 e 2020 os índices erosivos iguala-se a pluviometria, ou seja eventos extremos contribuíram para a elevação erosiva nos citados anos. Os índices pluviais de altas intensidades foram ocasionados por temporais de curto intervalo de tempo e de alta magnitude pluvial. (Marcuzzo et al, 2012; Marengo et al, 2010).Similaridades com este estudo pode ser encontradas por França et al,. (2020).

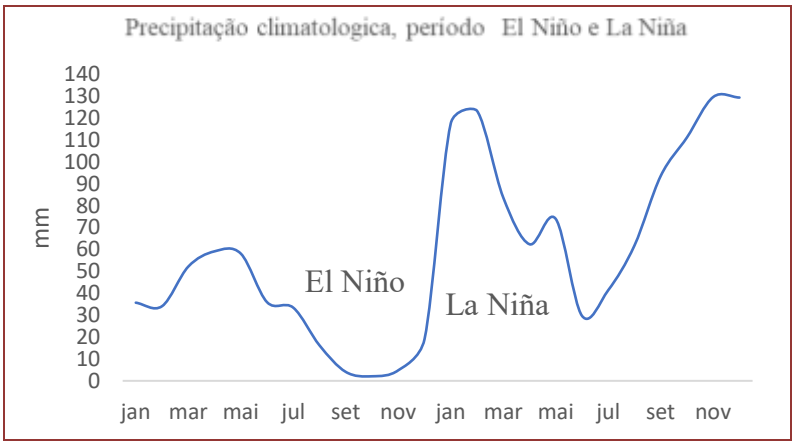
Figura 8: Distribuição anual pluvial e erosiva em episódio La Niña, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 9, tem-se as distribuições pluviais climatológicas mensais em episódios El Niño e La Niña, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba. Os índices pluviais mau distribuído e irregulares podem ocasionar períodos de chuva acima da média histórica, com índice pluvial mais agrupado no tempo. A atuação dos episódios El Niño e La Niña não está relacionada a aumentos e/ou redução dos índices pluviais e sim aos eventos extremos ocasionados por chuvas de alta magnitude e intensidade, em curto intervalo de tempo.

Figura 9: Distribuição pluvial climatológica mensal em episódios El Niño e La Niña, no Povoado Ribeira de Cabaceiras– Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

O cálculo do fator R podem serem observados na tabela 8, para os episódios de El Niño e La Niña. As ocorrências de variabilidades entre meses tem suas explicações decorrentes da pluviometria registradas e dos eventos extremos ocorridos em cada episódios, onde se registrou intensidade moderada a alta, similaridades de resultados e discussões são encontrados em França et al, (2020); Vilar et al, (2020) e Cunha Filho et al (2024).

Tabela 8: Cálculo do fator R (MJ mm/há h ano), para os episódios de El Niño e La Niña, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.

Meses	El Niño	La Niña
Janeiro	177,9	2188,8
Fevereiro	194,1	2408,0
Março	335,6	1943,5
Abril	364,5	1340,5
Maio	437,2	1891,5
Junho	175,2	735,6
Julho	164,7	859,3
agosto	58,1	1186,5
Setembro	5,3	1615,0
Outubro	2,3	1844,6
Novembro	8,3	2160,6
Dezembro	93,5	2183,0
Anual	6782,8	20356,9
R	8799,4	40713,7

Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

Em ocorrências aos anos de La Niña de intensidades fortes, registra-se tendência pluviais abaixo do esperado, embora as variações dos índices erosivos superem as perspectivas de maiores incidências.

A interferência antrópica é causa fundamental das variabilidades climáticas ocorrida na área de estudo e das variações erosivas registradas durante o período.

As dificuldades erosivas, na área estudada, são resultantes da combinação de processo de ocupação dos solos e do regime climático e do sistema (a)biótico propício a sua ocorrência de forma intensa.

Os índices pluviais mau distribuído e irregulares podem ocasionar períodos de chuva acima da média histórica, com índice pluvial mais agrupado no tempo. A atuação dos episódios El Niño e La Niña não está relacionada a aumentos e/ou redução dos índices pluviais e sim aos eventos extremos ocasionados por chuvas de alta magnitude e intensidade, em curto intervalo de tempo.

O balanço hídrico nos mostram altas variabilidades das temperaturas as quais contribuíram de forma positiva para as elevadas taxas de evapotranspiração. Nos balanços hídricos para períodos de El Niño e La Niña observa-se uma melhor distribuição espaço temporal na fase da La Niña, ao passo que no período de El Niño as concentrações pluviais são rápidas com alta magnitude e de curto intervalo de tempo

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2011). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

[2] ALVARES, C.; STAPE, J.; SENTELHAS, P.; GONÇALVES, J.; SPAROVEK, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728.

[3] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.,; SOUSA, F.A.S. (2006). Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1), 140-147.

[4] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais. Belo Horizonte: SBMET, 1,154-157. CPTEC/INPE/ Núcleos estaduais de Meteorologia. (2010). P.35.

[5] CUNHA FILHO, M.; FRNÇA, M.V.; LAGES, M.G.M.O.; HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M. Oscilações e variabilidade climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, Brasil. Editora Universitária – UDUFRPE. P.236. ISBM (Físico) 978-85-7946-426-3. ISBM (digital) 978-85-7946-426-6

[6] FRANÇA, M.V.; FERRAZ, J.X.V.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; ROLIM NETO, F.C. (2018). El Niño e La Niña e suas contribuições na disponibilidade hídrica dos municípios de São Bento do Una e Serra Talhada – PE, Brasil. Revista Brasileira de Agrotecnologia (Brasil) ISSN: 2317-3114. 8(1),15 – 21.

[7] FRANCA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R. (2020). Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE – Brasil. Research, Society And Development.9, 63 – 90.

[8] FRANCA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R. (2020a). Isolinha erosiva máxima pelo método da krigagem na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Brasil. Research, Society and Development. 9, 472974218 - 2020.

[9] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; ARAÚJO, W.R.; HOLANDA, R.M. (2022). Balanço hídrico e suas variabilidades em período de El Niño e La Niña visando às oscilações erosivas em Amparo de São Francisco - Sergipe - Brasil. Research, Society and Development. , 9, e443996995.

[10] FRANÇA, M.V.; FERRAZ, J.X.V.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; ROLIM NETO, F.C. (2018). El Niño e La Niña e suas contribuições na disponibilidade hídrica dos municípios de São Bento do Una e Serra Talhada – PE, Brasil. Revista Brasileira de Agrotecnologia, 8(1), 15 – 21.

[11] HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M.; SILVA, V. P. R. (2016). Recife-PE, Brasil e suas flutuabilidades da precipitação decadal. Natureza, Sociobiodiversidade e Sustentabilidade, 26 a 29 de outubro, 2016. Universidade Nacional, Sede Chorotega Nicoya, Costa Rica. 230-245

[12] HOLANDA, R.M.; MEDEIROS, R.M. (2019). Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. Revista Pantaneira, 16, 57 - 68.

[13] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388.

[14] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928.

[15] LUZ, M.; SANTOS, K. (2018). Eventos climáticos e oscilação pluviométrica no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. Congresso Internacional de diversidade do semiárido. Diversidade: Aprender o semiárido, no semiárido e com o semiárido. 1. 25,36.

[16] MARCUZZO, F.F.N.; OLIVEIRA, N.L.; FILHO, R.F.P.; FARIA, T.G. (2012). Chuvas na região Centro-Oeste e no Estado do Tocantins: análise histórica e tendência futura. Boletim de Geografia, 30, 19–30.

[17] MARENGO, J.A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENOM, M. (2010). An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. Climatic Change, 98(3-4), 509-529. 2010.

[18] MATOS, R.M.; SILVA, P.F.; BORGES, V.E.; SOBRINHO, T.G.; DANTAS NETO, J.; SABOYA, L.M. F. (2018). Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada [online] 12. Recuperado de 10.7127/RBAI.V12N100732.

[19] MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M. (2020). Balanço hídrico sequencial para Lagoa Seca – Paraíba – Brasil. Research, Society and Development. 9,1 – 26.

[20] MEDEIROS, R.M. (2019). Isolinhas erosivas do Estado do Piauí. Revista Mirante (Online). 12, 232 – 252.

[21] MEDEIROS, R.M. (2018). Mudanças do ENSO com relação à precipitação e dias com chuva em Recife - PE, Brasil. Revista Mirante (ONLINE). 11, 222 - 2140.

[22] MEDEIROS, R.M.; BRITO, J.I.B.; SILVA, V.M.A.; MELO, V.S.; COSTA NETO, F.A. (2016). El Niño/La Niña e sua influência no número de dias com chuva em Bom Jesus – Piauí, Brasil. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 11(2), 16-23.

[23] MEDEIROS, R.M.; OLIVEIRA, R.C.S.; GOMES FILHO, M.F.; COSTA NETO, F.A. (2014). Erosividade da chuva na área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto- PI, Brasil visando o desenvolvimento de manejos do solo. 9° Congresso de Educação Agrícola Superior Areia-PB - 27 A 30 de outubro de 2014 Nº ISSN / 0101-756X.

[24] MEDEIROS, R.M.; SOUSA, F.A.Z.; GOMES FILHO, M.F. (2014). Análise temporal do balanço hídrico na bacia do rio Uruçuí Preto – Piauí. Anais do VI Workshop de mudanças climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e o III Workshop Internacional sobre mudanças climáticas e Biodiversidade – VIWMCRHPE/IIIWIMB – 214 - 227.

[25] OLIVEIRA, L.R.; SOUZA, W.M.; OLIVEIRA COSTA, V.S.; PEREIRA, M.L.T. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco - Influence of El Niño and La Niña events on rainfall of Agreste Pernambuco. Revista Brasileira de Geografia Física, 10(6), 1995-2009, 2017

[26] PEREIRA, A.R. (2002). Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478.

[27] SANTOS, R.A.; MARTINS, D.L.; SANTOS, R.L. (2018). Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). Geo UERJ [online] 33. Recuperado de 10.12957/geouerj.2018.34159.

[28] SILVA, R.O.B.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SOUZA, W.M. (2017). Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. Eng. Sanitária e Ambiental, 22(3), 579- 589, 2017.

[29] THORNTHWAITE, C.W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev, 38, 55-94.

[30] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. (1955). The Water Balance. Publications In Climatology. New Jersey: Drexel Institute Of Technology,104p.

[31] Vilar, H.N.; Medeiros, R.M. (2019). Índice de aridez na Zona da Mata no Estado de Pernambuco - Brasil. Journal of Environmental Analysis and Progress. 4, 14 - 20.

[32] WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, n.26, p.189-193. 1971.

[33] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 58p. 1978.

[34] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geophys. Union, 39:285-291. 19. 1965.

[35] WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions of the American Geophysical Union, Washington, v.39, n.2, p.285-291. 1958.

Capítulo 10

Variabilidades erosivas atráves do cômputo do balanço hídrico com diferentes capacidade de armazenamento de campo, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras

Cristiano José da Silva
Rita de Cassia Cunha Saboya
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Raimundo Mainar de Medeiros
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo

Resumo: Avaliar as condições hídricas por meio da variabilidade de diferentes capacidades de campo, procurando detectar as flutuações erosivas do solo no povoado Ribeira de Cabaceiras, aplicando o cômputo do balanço hídrico. Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos para 2010-2024. Os dados térmicos para o mesmo período pluvial foram gerados pelo software Estima – T. o cálculo do balanço hídrico com capacidade de campo diferenciada utilizou-se do método desenvolvido por Thornthwaite (1948), Thornthwaite et al, (1955), para tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2018), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foram: 25, 50, 75, 100, 125, 150 e 175 mm, para a efetivação do BH. Os resultados obtidos indicam situações críticas das condições do solo da área estudada o que poderá ocasionar grandes impactos para os recursos hídricos e a prática de culturas de sequeiro. Na capacidade de campo (CAD): 25 mm; 50 mm e 75 mm ocorreram os maiores índices erosivos. Na CAD de 100 mm; 125 mm e 150 mm registraram-se erosividade moderada, e índices erosivos fracos para a CAD de 175 mm, visto que as distribuições pluviais foram diferenciadas e de intensidades moderas a forte, os índices pluviais para CAD estudadas deverão ocasionar mais incidências erosivas visto que se esperam chuvas fortes com grandes magnitudes e em curto intervalo de tempo.

Palavras-chave: Intensidade pluvial; Deficiência e excedente hídrico; erosividade.

INTRODUÇÃO

Terassi et al, (2020); Barros et al, (2018) e Belasri et al, (2016) mostram que a erosão hídrica é acatada como um fato danoso ao solo e às prestezas agropecuárias. Sendo caracterizado por afetar diretamente na produção e produtividade do solo, reduz as taxas de infiltração, capacidade de retenção d'água, nutrientes, matéria orgânica, biota, profundidade, processo de liberação, transporte e deposição de partículas das camadas superficiais dos solos realizando ação de escoamento superficial das águas de chuvas, prejudica as atividades agrícolas e nas encostas com propensão a deslizamentos, principalmente em ambientes urbanos com adensamento populacional.

Oliveira et al, (2017); Martins et al, (2018) mostram que uma das fundamentais especialidades do clima semiárido é sua distribuição irregular pluvial, associadas as altas variações inter anos, impactando diretamente as atividades agropecuárias, agrícola, industrial e energético e principalmente o sistema socioeconômico, a qual torna-se imprescindível uma boa gestão dos recursos hídricos, por meio de informações que auxiliem no monitoramento das atividades agrícolas e nas tomadas de decisões de como os índices erosivos vem atuando regionalmente (Oliveira (2018); Paredes-Trejo et al, (2017)).

ANA (2019) mostrou que na região semiárida brasileira a baixa pluviometria e suas irregularidades no regime térmico são elevados, registrando baixas capacidades de armazenamento de água no solo, contribuindo para a redução da disponibilidade hídrica.

Para Medeiros et al, (2015) a modelagem das estimativas das temperaturas máximas, médias e mínimas vem sendo empregadas nas técnicas de regressão linear múltipla e Krigagem ordinária. O ajuste das equações de regressão nos cálculos de temperaturas máximas, médias e mínimas é uma alternativa viável para expandir a base de dados climáticos, através de mapas temáticos de temperatura, fornecendo subsídios para um planejamento agropecuário.

A realização do cômputo do balanço hídrico e da erosividade pluvial vem levando-se em conta cenários médios mensais com redução pluvial de 10% e acréscimo térmico de 1ºC (cenário otimista = B_2) e 20% e 4 ºC (cenário pessimista = A_2), utilizaram-se dados mensais e anuais térmicos e pluviais entre 1950-2010 para Cabaceiras – Paraíba. O índice Erosividade (R) aplicado a Equação Universal de Perdas de Solo. Os resultados obtidos nos cenários otimistas e pessimistas registram ocorrências críticas das condições de perda de solo, que está afetando os recursos hídricos e os cultivos de sequeiro; os índices pluviais para o cenário A_2, não são suficientes para diversas culturas; a área em estudo enquadra-se como de alta erosividade pluvial onde o R deparado foi de 11.701,1 MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1} (Medeiros et al., 2015).

Menezes et al, (2015) analisaram o desempenho das qualidades hídricas e edáficas no município de Bom Jesus Piauí, baseando-se em cenários climáticos futuros. O Balanço Hídrico (BH) foi estimado pelo método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1955) empregando-se dos dados térmicos e pluviais entre 1960 a 2014. Os autores mostraram que a possibilidade de eventos extremos pluviais para os cenários B_2 e A_2 poderão aumentar a intensidade e agravar os processos erosivos do solo na região.

Os autores Holanda et al, (2019); Matos et al, (2018) e Passos et al, (2018) demostraram que o BH é obtido computando o processo e a disponibilidade hídrica por meio dos identificadores pluviais, evapotranspirativos, evaporativo, armazenamento

d'água, e pelo déficit e excesso hídrico. O BH, demonstram seus períodos de deficiência e excedente hídrico, fornecendo informações valiosas para os agricultores, pesquisadores e tomadores de decisões, entre tantas outras aplicações da área.

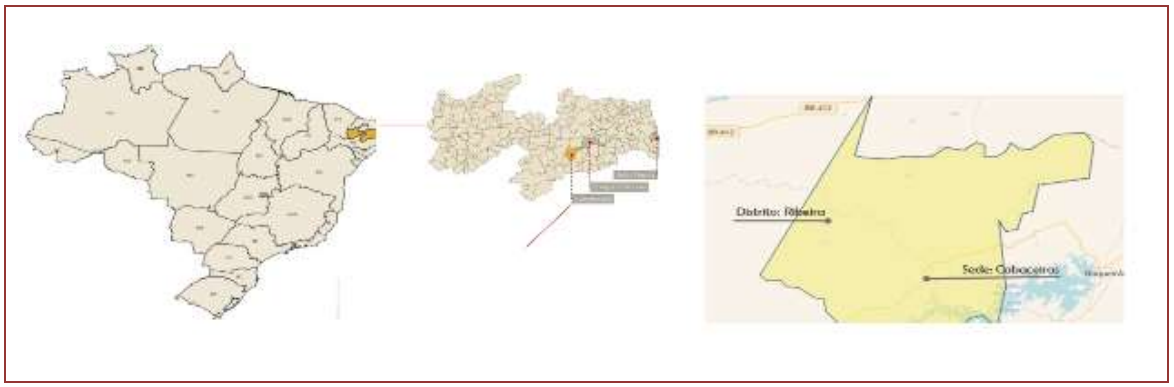
França et al, (2018) realizaram o BH para São Bento do Una e Serra Talhada - Pernambuco e verificaram que as influências do El Niño nos anos de 2012 e 2016 e no período de La Niña 2008 e 2011 na distribuição pluviais por meio da análise do balanço. Os autores concluíram que o episódio El Niño influenciou os índices pluviais dos municípios estudados. Em episódio La Niña, a distribuição foi irregular, refletindo no BH que registraram excedentes e deficiências hídricas.

O objetivo é avaliar as condições hídricas por meio da variabilidade de diferentes capacidades de campo, procurando detectar as flutuações erosivas do solo no povoado Ribeira de Cabaceiras, aplicando o computo do balanço hídrico.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceira (Figura 1), posicionado nas coordenadas geográficas latitude de 7º43'S e longitude 36º36' a oeste de Greenwich, com altitude de 391 metros, localizada na área mais baixa do Planalto da Borborema (AESA 2025).

Figura 1: Posicionamento do Povoado Ribeira na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

Os elementos causadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, são as oscilações da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), às formações e intensificações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, ventos alísios de nordeste, convergência de umidade, troca de calor sensível por latente e vice-versa, os efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano Medeiros (2024), segundo a classificação climática de Köppen (1928); Köppen et al, (1930) o clima é do tipo "BSH". (Alvares et al, (2014).

Utilizaram-se dados mensais pluviais (mm) interpolados pelo método da Média Ponderada pelo o Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos para o período de 2010-2024. Os dados térmicos (ºC) para o mesmo período pluvial foram gerado pelo sofrete Estima – T (Cavalcanti et al, 1994; Cavalcanti et al, 2006).

Para o cálculo do balanço hídrico com capacidade de campo diferenciada utilizou-se do método desenvolvido por Thornthwaite (1948), Thornthwaite et al, (1955), para

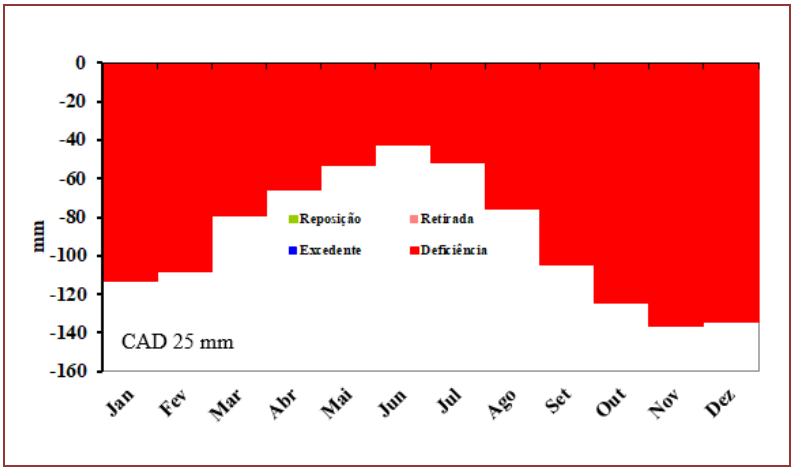
tanto valeu-se do uso de planilha eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2018), o valor da capacidade de água disponível no solo (CAD) utilizada foram: 25, 50, 75, 100, 125, 150 e 175 mm, para a efetivação do BH.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As condições climáticas influenciam diretamente nas atividades humanas, seja na produção agropecuário e área afins, assim como principalmente no sistema socioeconômico, e no bem-estar da população. Entretanto, o ser humano é dependente das condições que o clima lhe impõe com suas alterações positivas ou negativas

A Figura 2 demostram o esboço gráfico do BH para a capacidade de campo de 25 mm, não foram registros excedente hídrico, reposição e retirada d'água no solo, a deficiência hídrica predominou de moderada a forte em todos os meses do ano. O poder erosivo para a área de estudo foi ocasionado por chuvas de intensidade moderada e em curto intervalo de tempo. Estes resultados estão em conformidades com os estudos do IPCC (2014); Marengo et al., (2011); Araújo et al., (2021); Medeiros (2019); Duarte et al, (2020).

Figura 2: Esboço gráfico do balanço hídrico com capacidade de campo de 25 mm para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024.

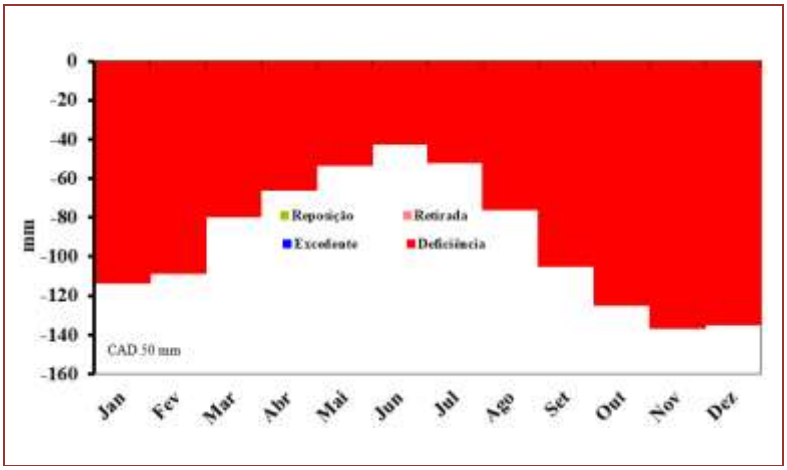


Fonte: Medeiros (2026).

Entre os meses de abril a junho registrou-se as menores deficiências hídricas para a CAD 50 mm, de julho a fevereiro a deficiência hídrica foram fortes, onde a ausência da pluviometria não atingiu o valor da CAD (Figura 3), estas ausências foram ocasionadas pela falta das atividades atmosféricas regional e local e a presença de bloqueio ocasionado o movimento descendentes. O estudo de Araújo et al, (2021) corroboram com as discussões.

A CAD de 50 mm registrou-se índices erosivos moderados ocasionados pela incidência pluvial em curto intervalo de tempo e de alta magnitude segundo o estudo de Carvalho et al, (2004); Marengo et al., (2011). Os índices erosivas foram ocasionados por chuvas moderadas em curto intervalo de tempo.

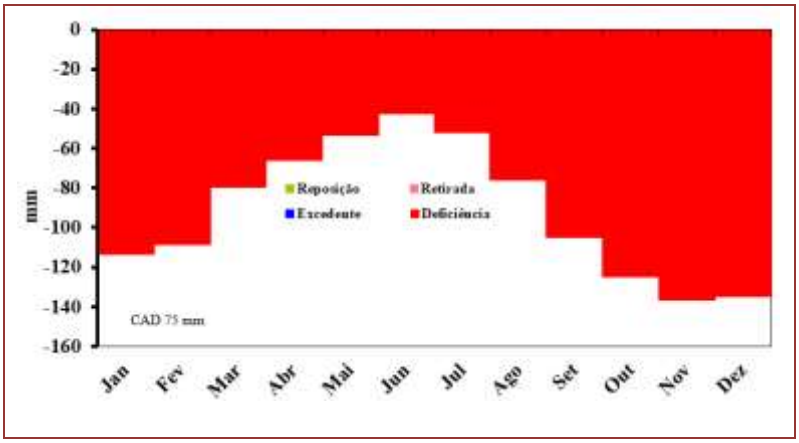
Figura 3: Esboço gráfico do balanço hídrico com capacidade de campo de 50 mm para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024.



Fonte: Medeiros (2026).

A representação gráfica do balanço hídrico com capacidade de campo de 75 mm (Figura 4), registra deficiências hídricas em todos os meses, a ação erosiva moderada foi ocasionada pela irregularidade pluvial e suas intensidades em curto intervalo de tempo. O estudo de França et al, (2018), tem similaridade com os resultados discutidos.

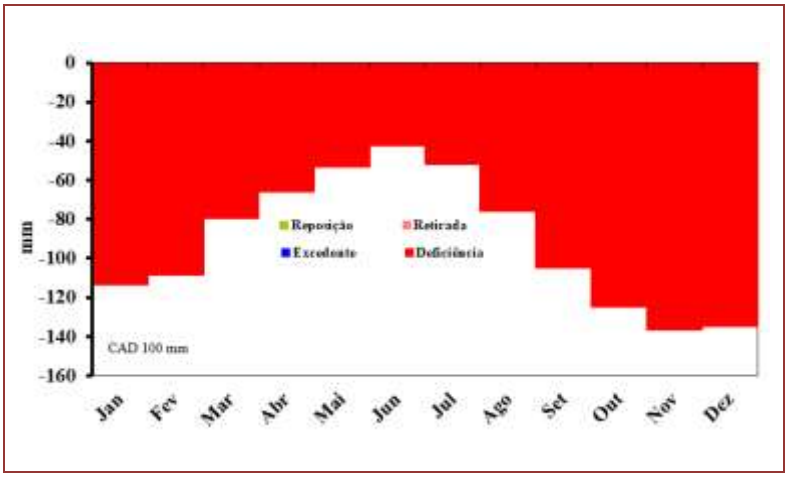
Figura 4: Esboço gráfico do balanço hídrico com capacidade de campo de 75 mm para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 5, observam-se o esboço gráfico do balanço hídrico com capacidade de campo de 100 mm para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2024. As irregularidades pluviais registradas, seguidamente dos bloqueios atmosféricos e suas variabilidades regionais e locais, abaixo dos padrões normais das chuvas, registraram deficiências hídricas em todos os meses. As ocorrências erosivas moderada foram causadas por chuvas isoladas e de magnitudes variadas d4rante o período estudado, similaridade e corroborações contribuem com os estudos de França et al, (2020); Medeiros (2022).

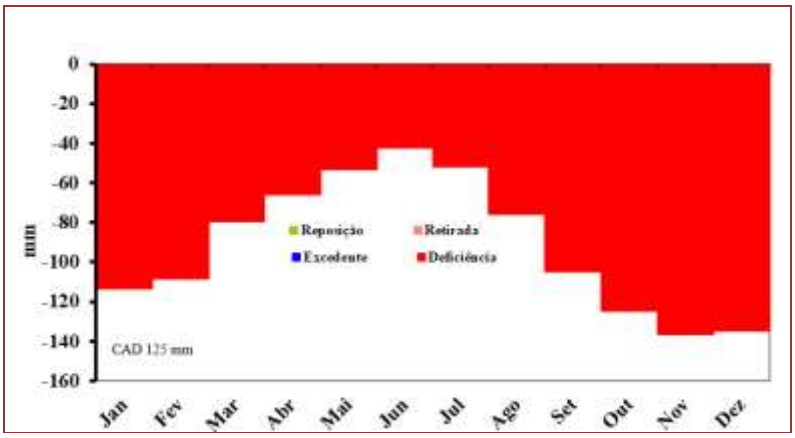
Figura 5: Esboço gráfico do balanço hídrico com capacidade de campo de 100 mm para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024.



Fonte: Medeiros (2026).

Com chuvas má distribuídas e irregulares de magnitudes variáveis, ocasionando erosividade fracas a moderadas na área estudada. A capacidade de campo de 125 mm, não foi suficiente para modificar as deficiências hídricas do período estudado, conforme demonstrado na figura 6. IPCC (2023); Marengo et al, (2011); Araújo et al, (2021); Medeiros (2019); Duarte et al, (2020), vem a corroborar com as discussões.

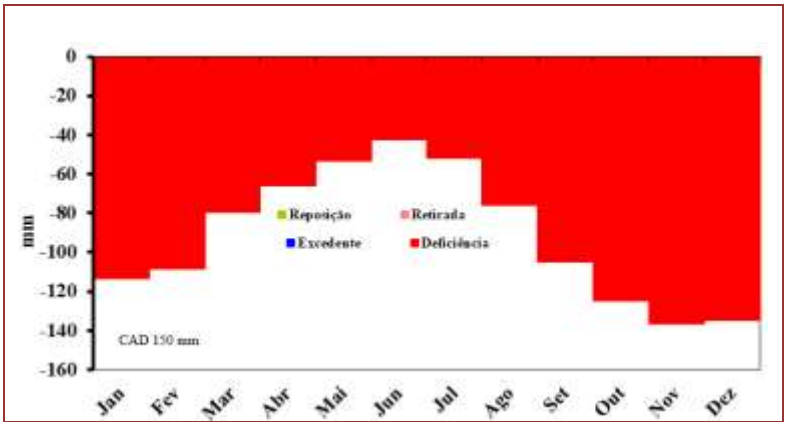
Figura 6: Gráfico do balanço hídrico com capacidade de campo de 125 mm para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 7. Observam-se o gráfico do balanço hídrico com capacidade de campo de 150 mm onde se registra deficiência hídrica. Os índices erosivos foram de baixa intensidade devido a irregularidade e a distribuição pluvial. Estudo como os dos Autores Medeiros et al, (2019) tem similatidades com os dados discutidos neste artigo.

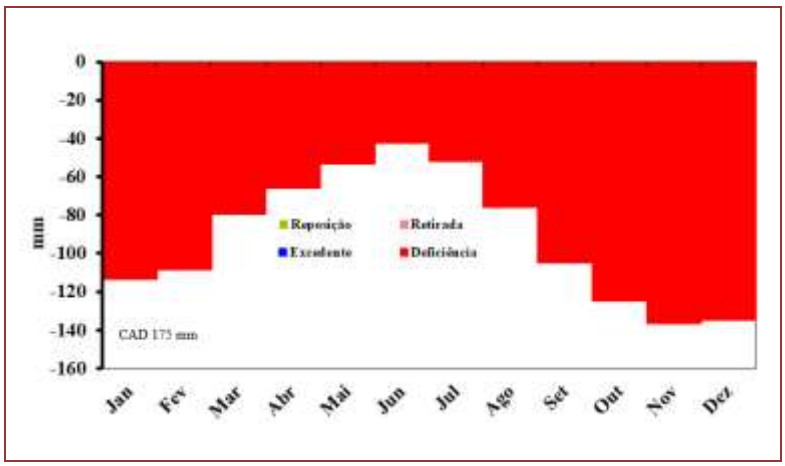
Figura 7: Gráfico do balanço hídrico com capacidade de campo de 150 mm para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 8 observa-se o gráfico do balanço hídrico para a capacidade de campo (CAD) de 175 mm. Observam-se deficiências hídricas entre todos os meses A CAD de 175 mm ocasionou erosividade altas ou elevadas. Porem as chuvas ocorridas em curtos intervalos de tempo e de alta magnitude ocasiona altos índices erosivos e leva este volume erosivo para o leito do curso dos lençóis de água. Estudo como o dos autores Franca, et al, (2020) corroboram com os resultados discutidos.

Figura 8: Gráfico do balanço hídrico com capacidade de campo de 175 mm para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010-2024.



Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

Na capacidade de campo (CAD): 25 mm; 50 mm e 75 mm ocorreram os maiores índices erosivos. Na CAD de 100 mm; 125 mm e 150 mm registraram-se erosividade moderada, e índices erosivos fracos para a CAD de 175 mm, visto que as distribuições pluviais foram diferenciadas e de intensidades moderas a forte, os índices pluviais para CAD estudadas deverão ocasionar mais incidências erosivas visto que se esperam chuvas fortes com grandes magnitudes e em curto intervalo de tempo. Baseado nos valores das CAD a área de estudo registrou enorme volumes de déficits hídricos.

O poder evapotranspirativos não registrou valores diferentes para as CAD estudadas. Os índices evaporativos foram igual aos pluviométricos em todas as CADs trabalhadas.

As oscilações dos excedentes e deficiências hídricas foram diferenciadas para suas respectivas CAD, conforme expostos nos gráficos.

Os problemas de erosão, na área de estudo, são resultantes da combinação de um rápido processo de ocupação dos solos e de um regime climático propício a sua ocorrência de forma intensa. Sendo que estes processos não são somente de formas físicas, sendo ocasionado pelo homem e a natureza.

REFERÊNCIAS

[1] ALVARES, C.; STAPE, J.; SENTELHAS, P.; GONÇALVES, J. SPAROVEK, G, (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorolog is cheZeitschrift 22, 711–728.

[2] ARAÚJO, W. R.; MEDEIROS, R. M.; FRANCA, M. V. (2021). Espacialização da evapotranspiração na bacia hidrográfica do rio Ipojuca -PE, Brasil. J. Biotec. Biodivers. v.8, p.205 - 218.

[3] BARROS, E. N. S.; VIOLA, M. R.; RODRIGUES, J. A. M.; MELLO, C. R.; AVANZI, J. C.; GIONGO, M. (2018). Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 13, e5509.

[4] BELASRI, A.; LAKHOUILI, A. (2016). Estimation of soil erosion risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and geoinformation technology in Oued el Makhazine watershed, Morocco. Journal of Geographic Information System, 8(1), 98-107.

[5] CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. (2006). Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1), p. 140-147.

[6] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E. D. V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...,Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157.

[7] CARVALHO, S. M.; STIPP, N. A. F.; (2004). Contribuição ao estudo do balanço hídrico no estado do Paraná: Uma proposta de classificação qualitativa. Geografia, Londrina, v.13, n.1. p.45-57.

[8] DUARTE, J. F. M.; MEDEIROS, R. M. (2020). Bom Jesus Piauí e a aplicação do balanço hídrico para diferentes regimes pluviais usando a técnica dos quantis. Revista Equador. , v.9, p.166 - 188,

[9] FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO, W. R.; HOLANDA, R. M. (2020). Balanço hídrico e suas variabilidades em período de El Niño e La Niña visando às oscilações erosivas em Amparo de São Francisco – Sergipe – Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, e443996995, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.6995

[10] FRANCA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; ARAUJO, W. R. (2020). Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE – Brasil. Research, Society and Development. , v.9, p.63 - 90.

[11] FRANCA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; FERRAZ, J. X. V.; HOLANDA, R. M. (2018). À erosão pluvial em Caruaru – PE, Brasil. Journal of Hyperspectral Remote Sensing. , v.8, p.106 - 119, 2018.

[12] FRANÇA, M. V.; FERRAZ, J. X. V.; MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; ROLIM NETO, F. C. (2018). El Niño e La Niña e suas contribuições na disponibilidade hídrica dos municípios de São Bento do Una e Serra Talhada – PE, Brasil. Revista Brasileira de Agrotecnologia (Brasil) 8(1),15 – 21.

[13] HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. (2019). Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. Revista Pantaneira, 16, 57 - 68.

[14] Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. (2014). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível: GS.

[15] KÖPPEN, W, (1931). Grundriss der Klimakunde: Outlineofclimatescience. Berlin: Walter de Gruyter, P.388.

[16] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. n.p. 1928.

[17] MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA. J.; SAMPAIO, G.; ALVES L.M.; OBREGON, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS. R.; GILLIN, K. (2011). Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil Análise conjunta Brasil-Reino Unidos sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. 56p.

[18] MARTINS, M. A.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D. A.; ALVALÁ, R. C. S.; GIAROLLA, A.; GAROFOLO, L. L.; SIQUEIRA JÚNIOR, J. L.; PAOLICCHI, L. T. L. C.; PINTO, G. L. N. (2018).Improvingdrought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. Agricultural Systems, v. 160, p. 21-30, 2018.

[19] MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; BORGES, V. E.; SOBRINHO, T. G.; DANTAS NETO, J.; SABOYA, L. M. F. (2018). Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada *[online]* 12. 10.7127/RBAI.V12N100732.

[20] MEDEIROS, R. M. (2020). Variabilidade decadal da precipitação e temperatura mínima do ar visando o desenvolvimento avícola em São Bento do Una - PE, Brasil. Revista de Geografia (Recife) V. 37, No.1.

[21] MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M. (2019). Classificação climática e balanço hídrico pelo método de Köppen e Thornthwaite do município de Barbalha, Ceará, Brasil. Revista Equador. , v.8, p.19 - 43, 2019.

[22] MEDEIROS, R. M. (2019). Mudanças climáticas em Tacaimbó - PE, Brasil. Revista Eixo. v.8, p.223 - 235, 2019.

[23] MEDEIROS, R. M. (2018). Estudo Agrometeorológico do Estado de Sergipe. p.123.

[24] MEDEIROS, R. M et al.(2012). Avaliação do índice da erosividade da chuva no município de Areia - PB no período de 1910 – 2010. INOVAGRI International Meeting. IV WINOTEC Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação. 28 a 31 de maio de 2012. Fortaleza-Ceara-Brasil.

[25] MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; SABOYA, L. M. F. (2015). Cálculo do balanço hídrico e da erosividade para o município de Cabaceiras - PB. Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n.21, p.2894.

[26] MENEZES, H. E. A.; MEDEIROS, R. M.; SOUSA, L. F.; MENEZES, H. E. A. Análise do balanço hídrico e erosividade em cenários climáticos futuros no município de Bom Jesus Piauí. Workshop de Recursos Naturais do Semiárido programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2015.

[27] OLIVEIRA, P. T.; SILVA, C. M. S.; LIMA, K. C. (2017). Climatology and trend analysis of extreme precipitation in sub regions of Northeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology, v. 130, n. 1-2, p. 77-90.

[28] OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. (2018). Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos – MG. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 12, n. 6, p. 3021–3027.

[29] PAREDES-TREJO, F. J.; BARBOSA, H. A.; LAKSHMI-KUMAR, T. V. (2017).Validating CHIRPS-based satélite precipitation estimates in Northeast Brazil. Journal of Arid Environments. Amsterdam, v.139, p.26-40.

[30] PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. (2018). Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas - MA. Scientia Agraria [online] 18.

[31] SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J.C. (2010). Balanço Hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.4, n. 3, p.142–149.

[32] THORNTHWAITE, C. W. (1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev. v.38, p.55-94.

[33] THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. (1955). The water balance. Publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology,104p.

Capítulo 11

Análises de variáveis climáticas e suas tendências temporais no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba, entre 2010 a 2023; visando alusões para as mudanças climáticas locais

Cristiano José da Silva
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Rita de Cassia Cunha Saboya
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Raimundo Mainar de Medeiros

Resumo: Pesquisar e compreender as variáveis climáticas é essencial, precisamente, para expandir nosso conhecimento sobre as oscilações das mudanças climáticas e seus impactos adversos generalizados, as perdas e danos anexo, à natureza e às pessoas. analisar as séries térmicas (máxima, média e mínima) e pluviometria ao longo do tempo (2010 - 2023), correlacionando-as essas variáveis, a fim de identificar possíveis tendências, padrões e entender as possíveis alterações ambientais, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba - Brasil. Na análise das tendências climatológicas, considerou-se os valores médios mensais e anuais de temperatura máxima, média e mínima, obtidos pelo software Estima – T (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006), os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado. Eventos extremos térmicos e pluviais vem ocasionando perdas socioeconômicas, recursos hídricos, meio ambiente e na condição de sobrevivência humana, sendo portanto, de fundamental entendimento desses eventos sob o Povoado Ribeira de Cabaceiras, uma vez que a área, encontra-se em expansão e necessita de maior informe, onde foi possível estabelecer uma climatologia dos elementos e de seus índices de extremos climáticos para regiões estudada. Eventos extremos isolados não devem ser diretamente relacionados a mudanças climáticos, é necessário observações por um longo período de tempo para constatar alguma mudança na variabilidade natural do clima. Sugere-se futuros estudos envolvendo modelos regionais com diferentes escalas espaciais e variáveis a fim de buscar melhor descrição e compreensão dos padrões climáticos.

Palavras-Chave: Impactos e riscos climáticos. mitigação e adaptação à mudança do clima. Tendências climáticas.

INTRODUÇÃO

Os padrões de precipitação são diretamente afetados pela mudança na temperatura média global, que está fortemente relacionada ao aumento de gases na atmosfera, tais como: dióxido de carbono, metano e óxido nitroso (IPCC, 2013). Aumento nos volumes totais de chuvas, assim como suas intensidades, podem causar fortes impactos nos sistemas de drenagem urbana. Segundo ainda, os relatórios dos Painéis Intergovernamentais sobre Mudanças do Clima (IPCC, 2014; IPCC, 2019) as mudanças climáticas naturais e antropogênicas vem ocasionando o aquecimento global e a intensificação na frequência dos eventos extremos e estando intimamente conexos ao elevado número de emissões dos gases do efeito estufa.

As regiões úmidas, subúmida, áridas e semiáridas são vulnerável às mudanças climáticas. Conforme afirmação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2023) estas regiões vem encarando desafios como: mudanças nos padrões pluviais e acréscimo dos índices térmicos. Analisar as tendências temporais térmicas e pluviais, em regiões como estas, ministrará uma compreensão abrangente das mudanças climáticas regionais e locais e suas implicações.

Pnuma, (2024) afirmou que recordes de temperaturas em decréscimo e acréscimo e dos impactos climáticos abordando com maior intensidade e rapidez, vem ocasionando espantosa pressão, alarmante, destaca ainda a necessidade urgente de ampliar nosso conhecimento sobre as oscilações das mudanças climáticas, seus impactos e riscos generalizados e a mitigação e adaptação à mudança do clima.

Os aumentos dos episódios meteorológicos e climáticos extremos expôs milhões de pessoas à insegurança alimentar aguda, e reduziu a segurança hídrica, com os maiores impactos adversos observados em muitos locais e/ou comunidades na África, Ásia, América Central e do Sul, LDCs, Pequenas Ilhas e Ártico, e globalmente para os povos indígenas, pequenos produtores de alimentos e famílias de baixa renda. Entre 2010 e 2020, a mortalidade humana causada por enchentes, secas e tempestades foi 15 vezes maior em regiões altamente vulneráveis, em comparação com regiões de vulnerabilidade muito baixa (IPCC, 2023).

Oliveira et al. (2017) mostraram que tem uma pequena relação entre fenômenos cíclicos e de origem astronômica e como alterações climáticas na Terra.

O impacto no acréscimo térmico ocasionando às mudanças climáticas vem sendo uma preocupação mundial para várias áreas de pesquisa (Akbari et al., 2016; Schneidemesser et al., 2015). dentre os diversificados impactos potenciais da mudança climática, os que causam exclusiva preocupação são os recursos eficazes para o bem estar humano, como a disponibilidade de água potável para a humanidade e ao setor agrícola, com impactos diretos nas atividades socioeconômicas e na segurança alimentar.

Os acontecimentos climáticos versam em padrões que influência pertinentemente as condições atmosféricas de uma área e/ou local, constituindo uma temática de grande importância para compreensão de eventos extremos (Domingos et al., 2020). Conforme o (IPCC, 2021) estes eventos extremos estão se tornado cada vez mais frequentes e intensos em diferentes regiões do Globo.

Medeiros et al. (2018) estudaram as variabilidades pluviais para São Bento do Una (PE), forte centro avícola, em razão ao aumento da demanda hídrica necessária ao pleno desenvolvimento de suas atividades. O estudo pode ser utilizado como ferramenta para planejamentos e ações que visem gerenciar os recursos hídricos utilizando sistemas de captação d'água, armazenamento e represamento, evitando a problemática da escassez de água. Ressaltaram ainda, que existe a necessidade de políticas e planos de captação e aproveitamento das águas das chuvas, além do uso eficiente dos demais recursos naturais da região, para que o desenvolvimento socioeconômico não seja limitado pela baixa disponibilidade hídrica

Conforme afirmação da Organização Meteorológica Mundial (WMO), nos últimos 50 anos, as mudanças climáticas e os eventos extremos registraram acréscimo nos desastres naturais, representando 50% de todos os desastres, 45% de todas as mortes no período e 74% de todas as perdas socioeconômicas, afetando sobretudo as nações mais pobres (WMO, 2021). Segundo a (ANA, 2019) os extremos hidrológicos, como estiagens, secas, enxurradas e inundações representam a maior parte dos desastres naturais ocorrentes no país.

Múltiplos estudos já avaliaram as tendências observadas e registradas dos identificadores climáticos sobre diferentes regiões do Brasil, como o Semiárido (Marengo et al., 2020; Marengo et al., 2021). Considerando que os estados do nordeste tem vulnerabilidade socio-climática do país altíssima e irregulares (Torres et al., 2012) e, que vem sofrendo com secas prolongadas nos últimos tempos, é necessária essa avaliação, envolvendo a tendência de chuva e temperatura (Marengo et al., 2018; Marengo et al., 2021). Ademais, surge a necessidade de analisar diferentes áreas do Semiárido, com a finalidade de verificar a variação espacial nas tendências climáticas, que são influenciadas pelos elementos locais.

Candeia et al, (2024) analisaram as tendências temporais de algumas variáveis climáticas no município do Cabo de Santo Agostinho - Pernambuco, no período de 2014 a 2023, com foco nas implicações das mudanças climáticas locais. Os resultados indicam um aumento nos níveis de CO_2, enquanto as variações de temperatura e precipitação apresentam flutuações sazonais sem uma tendência clara de aumento ou diminuição. A análise revelou correlações fracas entre os níveis de CO_2 e as temperaturas mínimas, máximas e médias, assim como com a precipitação.

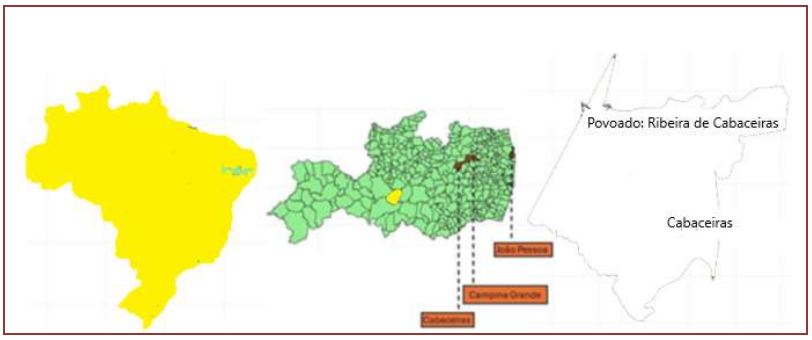
A análise estatística será usada para averiguar a significância das tendências observadas nos dados. Esta abordada permite aferir o comparecimento de tendências de longo prazo nas variáveis pluviais e térmicas, fornecendo uma base científica sólida para entender as alterações ambientais na região do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba - Brasil.

Tem-se como objetivo analisar as séries térmicas (máxima, média e mínima) e pluviometria ao longo do tempo (2010 - 2023), correlacionando-as essas variáveis, a fim de identificar possíveis tendências, padrões e entender as possíveis alterações ambientais, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba - Brasil.

MATERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras, acopla-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, abordar com, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. Posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W; e com 391 metros, de altitude (AESA 2025).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical, quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis, deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano. Medeiros (2020).

Na análise das tendências climatológicas, considerou-se os valores médios mensais e anuais de temperatura máxima, média e mínima (ºC), obtidos pelo software Estima – T (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006), os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). com a regressão linear empregada para determinar a tendência.

O gráfico de tendência corresponde a um gráfico simples, em coordenadas cartesianas, o qual descreve o comportamento de uma variável ao longo do tempo ou em função de outra variável. E é utilizado principalmente para identificar tendências de comportamento, dando assim uma perspectiva de eventos e/ou compreensão dos problemas em estudo (Lins, 1993).

O gráfico de dispersão é a forma padrão de considerar a interdependência entre duas variáveis de dados. Sendo o eixo x a representação de uma variável, o eixo y, a representação de outra, e cada ponto no gráfico um registro (Bruce et al., 2019). Sob o gráfico de dispersão é possível plotar a linha de tendência, a fim de visualizar a respectiva tendência, dos dados ao longo do tempo e assim quantificar a natureza desse relacionamento, ou seja, se os dados possuem uma inclinação positiva, negativa ou se não há tendência significativa.

Utilizou-se de formulação matemática para conceber a linha de tendência que é fundamentada na regressão linear simples. A regressão linear simples estima precisamente o quanto y mudará quando x mudar em uma certa quantidade, com isso tenta-se prever a variável y a partir de x através de um relacionamento linear. A equação 1 descreve a fórmula geral da linha de tendência (Bruce et al., 2019):

$$y = b_0 + b_1 x \qquad (1)$$

Onde:

y = é a variável dependente;

b_0 = é o intercepto (ou constante);

b_1 = é o declive para x; e

x = é a variável independente.

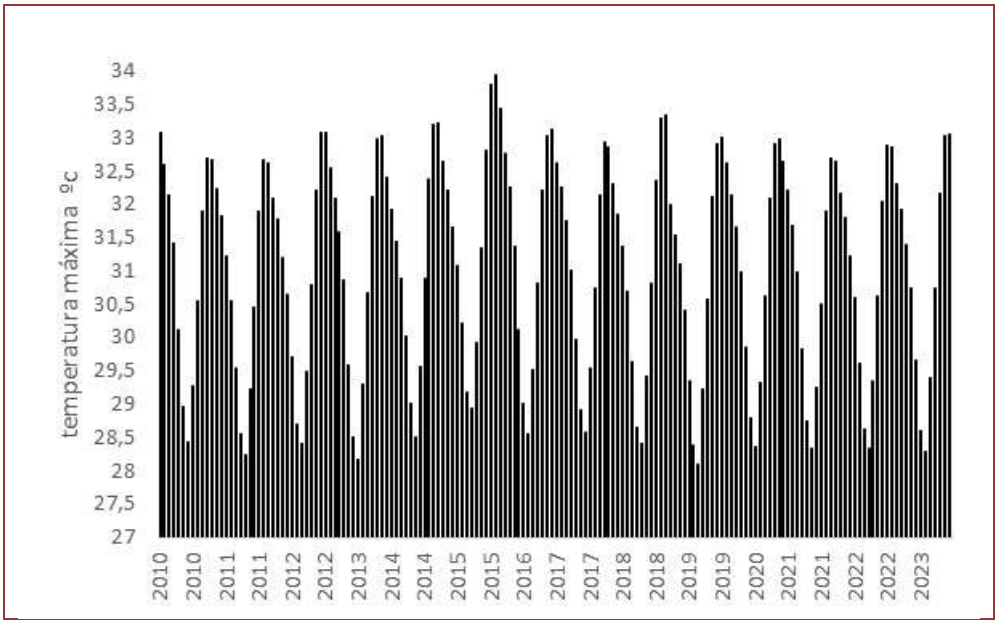
As execuções dos cálculos, foram computadas por meio de planilhas eletrônicas Excel®. As análises dos resultados foram baseadas em cincos gráficos de tendência e quatros gráficos de dispersão, com suas respectivas linhas de tendência, equação e valor de R quadrado.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A temperatura do ar é uma variável climático que ao longo do tempo e em regiões tropical e semiárida poderá disfarçar o sistema produtivo agrícola ocasionando significativas mudanças nos anos próximos em decorrências as oscilações das mudanças climáticas e do aquecimento global.

A Figuras 2, registram as oscilações térmicas máximas, entre o período de anos de 2010 a 2023. nas flutuações da temperatura máximas, destaca-se oscilações sazonal, com picos de máximos e mínimos regulares, podendo estar conexo a mudanças sazonais e eventos climáticos, auxiliados por efeitos, regionais e locais, tais como: falta de vegetação, focos de incêndios e queimadas, troca de calor, variabilidade da insolação e cobertura de nuvens. Os estudos de Orliveira et al, (2017); Marengo et al, (2021) e Cunha Filho et al, (2024), Candeia et al, (2024) corroboram com as discussões.

Figura 2: Oscilação da temperatura máxima (ºC), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023.



Fonte: Medeiros (2026).

Medeiros et al (2021) analisaram as tendências térmicas climáticas, anuais das temperaturas extremas (máxima/mínima) em Bom Jesus Piauí, entre 1960 - 2018, e discutiram suas possíveis causas. Computou-se as médias mensais, anuais e estacionais correspondentes às estações do ano (verão, outono, inverno e primavera). As implicações foram na descoberta de período quente e/ou frio servindo de alerta as autoridades e aos tomadores de decisões, para um melhor planejamento agropecuário e dos agronegócios. Estas Tendências climáticas foram observadas em escala regional e local foram constatadas na área estudada. A caracterização temporal, em escala mensal e anual, gerou valores simulados muito próximos aos valores observados, fato comprovado por índices estatísticos de desempenho satisfatório.

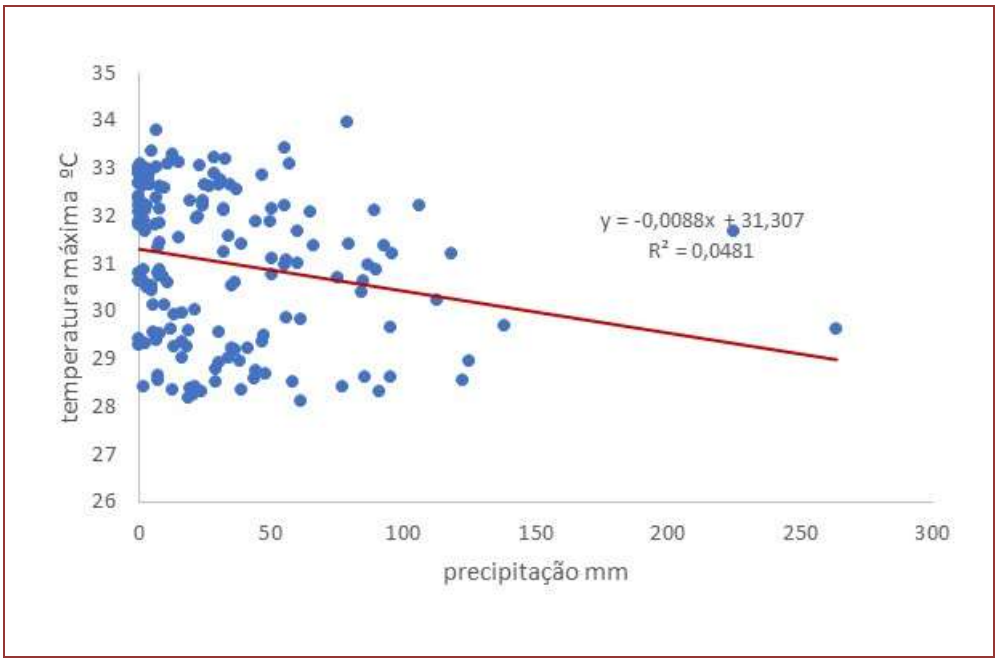
A análise de regressão busca analisar dados amostrais para saber se e como duas ou mais variáveis estão relacionadas umas com a outra numa população. O coeficiente de correlação (R^2) mede o grau de relacionamento entre duas variáveis. Assim, o perfeito ajustamento das observações deve ter intercepto igual a 0 e uma inclinação (coeficiente de correlação – R^2) igual a 1 ou 45º.

Segundo o relatório divulgado pelo IPCC (2023) - Intergovernmental Painel on Climate Change, o aquecimento global, entusiasmado pela humanidade e hoje em dia considerado com aumento de 1,1°C, vem ocasionando impactos e alterações expressivas no clima do planeta. A previsão é que a temperatura venha a intensificar ainda mais a magnitude dessas mudanças.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Painel on Climate Change – IPCC), essas tendências registradas no passado apresentam alta probabilidade de continuarem com suas tendências no século XXI (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

A equação da linha de tendência, representada na Figura 3, indica que, para cada redução da temperatura máxima reduz em média 4,8 mm/ano. O valor de R^2 = 0,0481 significa que apenas 4,81% da variação na temperatura máxima pode ser explicada pela variação pluvial. Logo, existe uma correlação fraca entre as variáveis pluviometria e temperatura máxima nas presentes condições estudadas. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações,

Figura 3: Relação entre temperatura máxima (°C) e precipitação (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023.

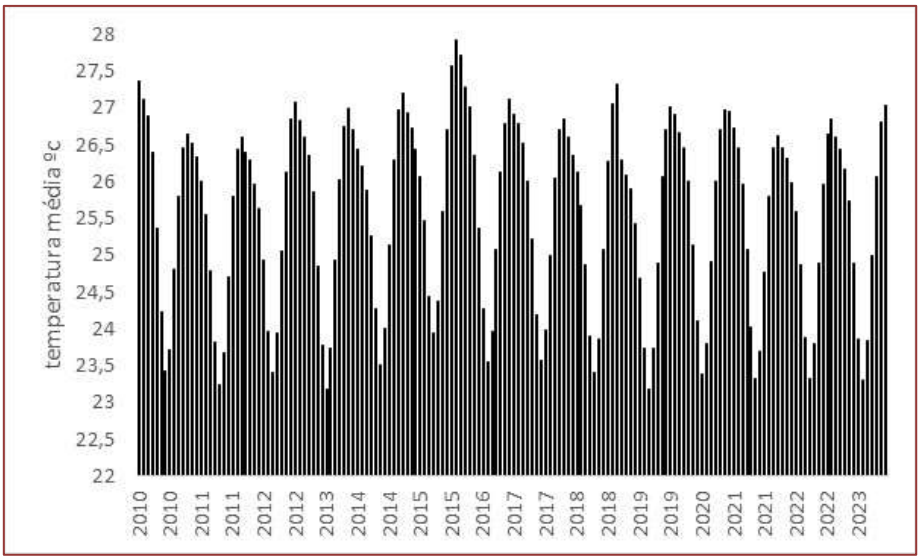


Fonte: Medeiros (2026).

A precipitação e a temperatura são variáveis climáticas fundamentais para compreensão da dinâmica do meio físico dentro do ciclo hidrológico. A partir do entendimento de seu comportamento sazonal e suas tendências pode-se ter uma estratégia para o planejamento do meio ambiente, geração de energia e agricultura. Alterações nessas variáveis são consideradas como ameaças significativas à sobrevivência de vários ecossistemas, as quais já estão sendo detectadas. Mudanças nos elementos térmicos e pluviais terão consequências drásticas nos recursos hídricos, afetando o consumo de água doce, geração de energia, perda de fauna e flora, agropecuária, agronegócio, turismo, lazer e agricultura (Silva 2005).

As oscilações térmicas média estudadas (Figura 4), ao serem analisadas conceber alterações significativas com picos de altos e baixos intercalando-se inter mensalmente, como visualizado na figura 4. Percebe-se tendência de aumento ao longo do tempo. Segundo Marengo et al, (2023), as flutuações térmicas média são dependentes das oscilações máxima e mínimas que sofrem influência por diversos fatores climáticos e meteorológicos.

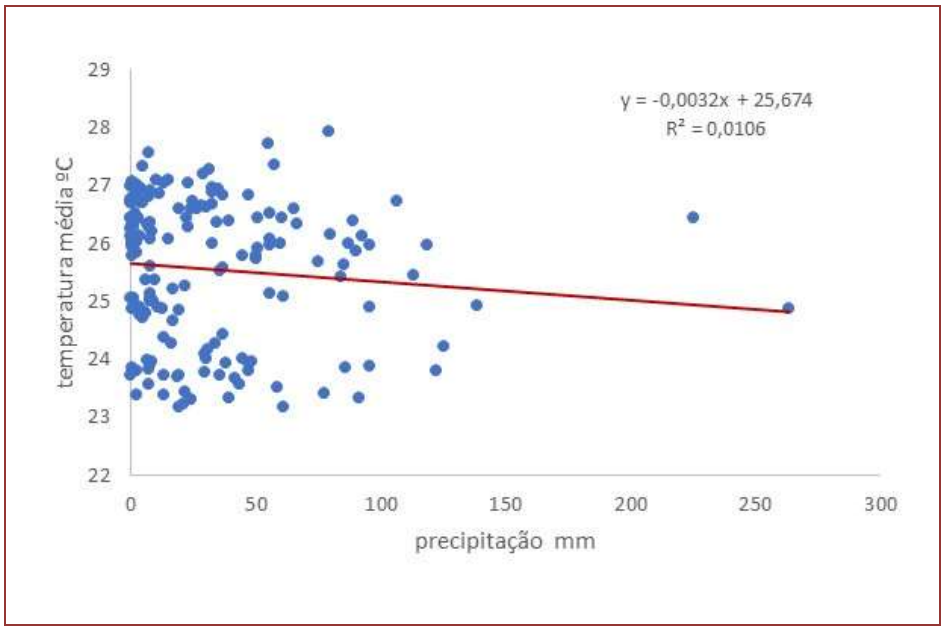
Figura 4: Oscilação da temperatura média (ºC), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023.



Fonte: Medeiros (2026).

A relação entre temperatura média (°C) e precipitação (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023, está representada na figura 5, onde a equação da linha de tendência, nos mostram, redução da temperatura. Com um coeficiente de regressão R^2 = 0,0106 significa que apenas 1,06% da variação na temperatura estudada é explicada pela variação pluviométrica. portanto, existe uma correlação fraca entre as variáveis pluviometria e temperatura média nas condições trabalhadas. O estudo de Cunha Filho et al, (2024), Candeia et al, (2024) apresentam similaridades e corrobora com as discussões.

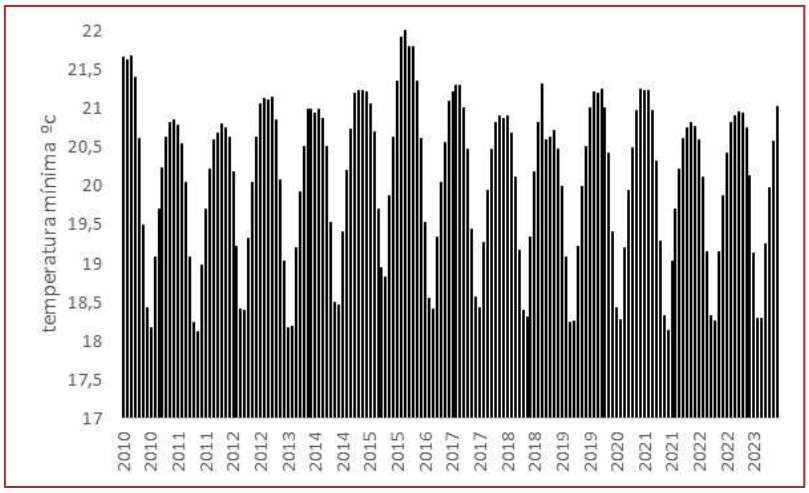
Figura 5: Relação entre temperatura média (°C) e precipitação (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023.



Fonte: Medeiros (2026).

As flutuações térmicas mínimas (°C) estudadas (Figura 6), visualizam-se oscilações expressivas com picos e vales articulados inter meses e anos. Ver-se claramente tendência de acréscimo ao longo do tempo, onde os índices térmicos é frequentemente são influenciado por uma diversidade de elementos climáticos e meteorológicos, que podem ocasionam tendências de longo prazo crescentes, as similaridades podem ser revistas nos estudos do IPCC (2007; 2014; 2022 e 2023), Candeia et al, (2024) .

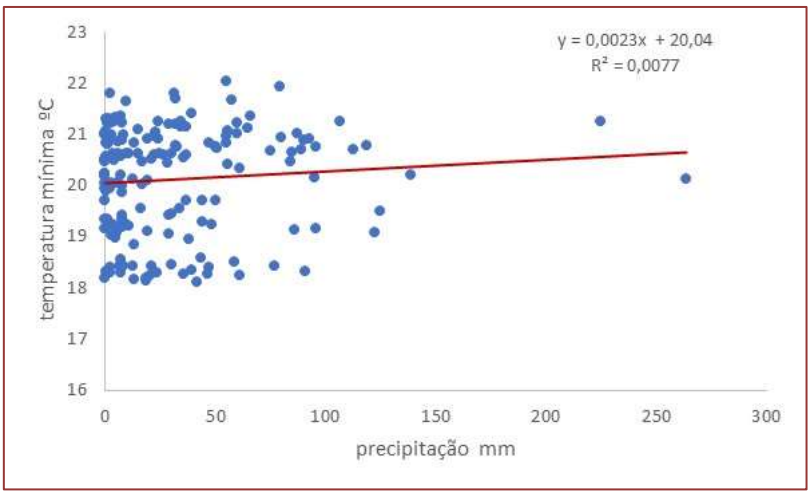
Figura 6: Oscilação da temperatura mínima (ºC), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023.



Fonte: Medeiros (2026).

A Relação entre temperatura mínima (°C) e precipitação (mm) Figura 6, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023, a equação da linha de tendência positiva, com coeficiente de regressão $R^2 = 0,0077$, com 0,77% da variação na temperatura estudada é explicada pela oscilação pluvial. deste modo, tendo correlação fraca entre as variáveis pluvial e térmicas trabalhadas. O estudo de Cunha Filho et al, (2024), Candeia et al, (2024) apresentam similaridades e corrobora com as discussões.

Figura 7: Relação entre temperatura mínima (°C) e precipitação (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023.



Fonte: Medeiros (2026).

Segundo MEIS et al. (1981) a analise pluviais no decorrer do tempo podem serem realizadas de diferentes maneiras, possibilitando o reconhecimento do seu comportamento geral e dos seus padrões habituais e extremos.

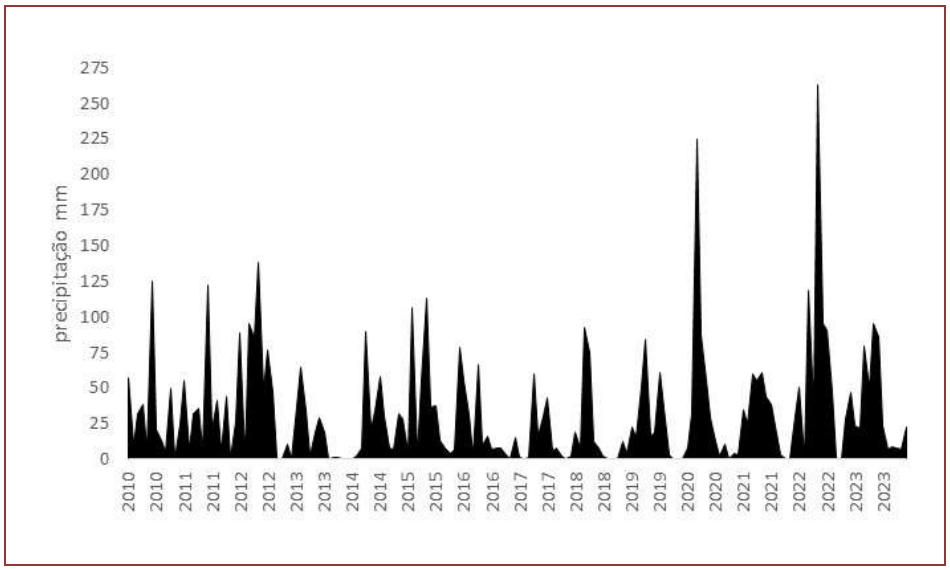
Na Figura 8, observam-se as representações pluviais mensais e anuais, do período de 2010 – 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceira, Paraíba. Com alta flutuações pluviais e má distribuída inter meses e ano, o que corresponde as características das regiões semiáridas brasileira, (CUNHA FILHO et al, 2024; CANDEIA et al, (2024)).

Destaca-se a atenção para o ano de 2020 que entre março e junho choveu 84,4% do valor anual pluvial (470,7 mm). O ano de 2022, choveu 83,7% do valor anual pluvial, vejam também que os anos 2021 e 2023, registram valores bem acima dos esperados, estes valores foram ocasionados pelos movimentos verticais ascendentes, formação de nuvens superiores a 0,9 décimos, troca de calar, atividade da Zona de Convergência Intertropical e as contribuições locais e regionais que detectaram vapor e umidade sobre a região em estudo.

Os demais anos as distribuições pluviais ocasionaram, períodos de baixa precipitação, eventos extremos, como secas prolongadas e chuvas intensas, são influenciados por fenômenos climáticos globais, marcada tanto por anos excepcionalmente úmidos quanto por períodos de seca.

As oscilações pluviais (mm) em estudo, quanto a sua análise visualiza-se variações significativas com picos e vales articulados. Portanto, as irregularidades inter anuais demonstram acréscimo e reduções com o tempo. onde, as flutuações pluviais são repetidamente influenciada por fatores meteorológicos e climáticos, que mascarar tendências de longo prazo. Marengo et al, (2023).

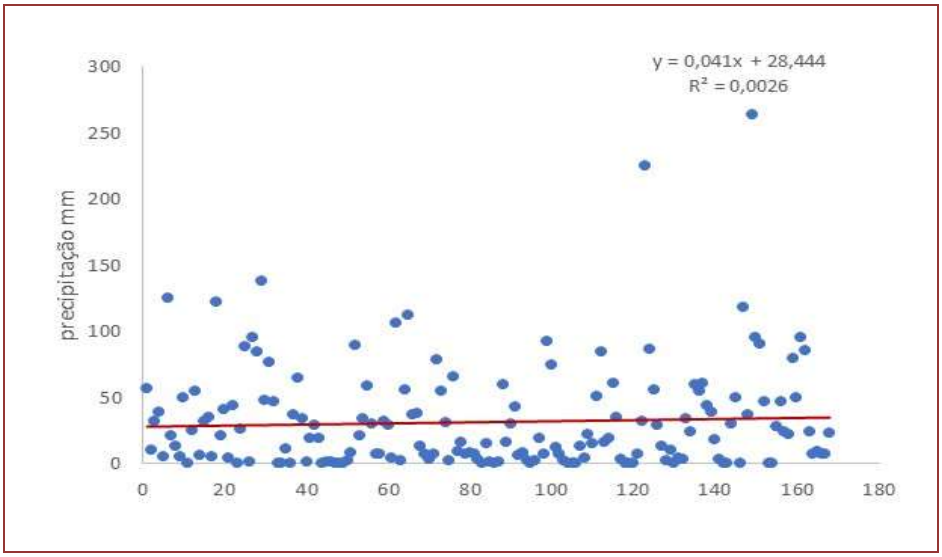
Figura 8: Oscilação das precipitações mensais (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023.



Fonte: Medeiros (2026).

A equação da linha de tendência, representada na Figura 9, o valor de $R^2 = 0,0026$ significa que 0,265% da oscilação pluvial pode ser explicada pela variação do tempo. Logo, existe uma correlação fraca entre a variável pluviometria estudadas, ou seja, nada se pode afirmar sobre alusões para as mudanças climáticas locais. O estudo de Candeia et al, (2024), corroboram com as discussões,

Figura 9: Relação entre precipitação (mm) e ano, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2023.



Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÕES

Eventos extremos térmicos e pluviais vem ocasionando perdas socioeconômicas, recursos hídricos, meio ambiente e na condição de sobrevivência humana, sendo portanto, de fundamental entendimento desses eventos sob o Povoado Ribeira de Cabaceiras, uma vez que a área, encontra-se em expansão e necessita de maior informe, onde foi possível estabelecer uma climatologia dos elementos e de seus índices de extremos climáticos para regiões estudada.

Eventos extremos isolados não devem ser diretamente relacionados a mudanças climáticos, é necessário observações por um longo período de tempo para constatar alguma mudança na variabilidade natural do clima.

Sugere-se futuros estudos envolvendo modelos regionais com diferentes escalas espaciais e variáveis a fim de buscar uma melhor descrição dos padrões climáticos e uma melhor compreensão dos mesmos.

Compreender essas tendências é crucial, pois essa área representa muitas outras regiões dentre a semiárida em todo o mundo que enfrentam pressões ambientais similares. Os resultados deste estudo podem contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de gestão ambiental e dos recursos hídricos que visem mitigar os impactos das mudanças climáticas e proteger os ecossistemas locais e as comunidades humanas que deles dependem.

Verificou-se que nas avaliações das tendências climáticas os sistemas meteorológicos que ocasionam chuvas de altas intensidades e em curtos intervalos de tempo são as formações das linhas de instabilidades, contribuição dos efeitos locais que colaboram para as irregularidades pluviais.

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2025). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

[2] ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

[3] ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020. Brasília: ANA, 118p., 2020. Disponível em: http://conjuntura.ana./.

[4] AKBARI, H.; CARTALIS, C.; KOLOKOTSA, D.; MUSCIO, A.; PISELLO, A. L.; ROSSI, F.; SANTAMOURIS, M.; SYNNEF, A.; WONG, N. H.; ZINZI, M. Local climate change and urban heat island mitigation techniques–the state of the art. Journal of Civil Engineering and Management, v.22, n.1, p.1-16, 2016. DOI: https://doi.org/10.3846/13923730.2015.1111934

[5] CANDEIA, B. A.; GALVINCIO, J. D. Análise das Tendências Temporais de Variáveis Climáticas no Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, no período de 2014 a 2023: Implicações para as Mudanças Climáticas Locais. Journal of Hyperspectral Remote Sensing v.14, n.02. (2024) 1026-1035.

[6] CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. IN: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 8. 1994. Belo Horizonte, Anais... SBMET, 1, 154-157.

[7] CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. (2016). Programa computacional para estimativa da temperatura do ar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil, 10(1), 140-147. 2006. Editora@ufcg.edu.br. p.150.

[8] CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M. V.; LAGES, M. G. M. O.; HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ªEdição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6

[9] DOMINGOS, S.; GASPAR, R.; FONSECA, H.; MAROCO, J. Decoder framework: data collection and coding for demands and resources appraisal in extreme weather events / DeCodeR framework: recogida de datos y codificación de exigencias y evaluación de recursos en fenómenos climáticos extremos. Psyecology, v. 11, p. 90-103, 2020. DOI: https://doi.org/10.1 080/21711976.2019.1643988.

[10] Intergovernmental Panel On Climate Change Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 2014.

[11] IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers). Cambridge.

[12] IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

[13] IPCC - Intergovernamental Panel on Climate Change. Working Group III - Mitigation of Climate Change Disponível em http://www.iniciativaverde.org.br/biblioteca-nossas-publicacoes.php, 2014. http://www.iniciativaverde.org.br/biblioteca-nossas-publicacoes.php

[14] IPCC - Intergovernamental Panel on Climate Change. Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate Pörtner, H.O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Tignor, M.; Poloczanska E.; Mintenbeck, K.; Alegría, A.; Nicolai, M.; Okem, A.; Petzold, J.; Rama, B.; Weyer, N.M. Disponível em https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/12/SROCC_FullReport_FINAL.pdf, 2019. » https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/12/SROCC_FullReport_FINAL.pdf

[15] IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press; IPCC, 2021.

[16] IPCC. Mudança do Clima 2023 – Relatório Síntese. IPCC, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-omcti/sirene/publicacoes/relatorios-doipcc/arquivos/pdf/copy_of_IPCC_Longer_Report_2 023_Portugues.pdf.

[17] IPCC. (2023). - Intergovernamental Panel on Climate Change. In Reports. Disponíveis em . IPCC. (2014). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

[18] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388.

[19] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928.

[20] MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R. C. S.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid northeast Brazil region. Anais Da Academia Brasileira de Ciências, v. 90, n. 2, p. 1973–1985, 2018. DOI: https://doi. org/10.1590/0001-3765201720170206.

[21] MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; ALVES, L. M.; BARRETO, N. J. C.; REBOITA, M. S.; RAMOS, A. M. Changing trends in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo: Causes and Impacts. Frontiers in Climate, v. 2, n. 3, p. 1–13, 2020. DOI: https://doi.org/10.3389/fclim.2020.00003.

[22] MARENGO, J. A.; GALDOS, M. V.; CHALLINOR, A.; CUNHA, A. P.; MARIN, F. R.; VIANNA, M. S.; BENDER, F. Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security. Climate Resilience and Sustainability, v. 00, p.1-20, 2021. DOI: https://doi. org/10.1002/cli2.17.

[23] MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; SILVA, V. P. (2018). Tendências pluviais e análise da média móvel para São Bento do Una - PE, Brasil. Revista de Geografia (Recife). 35(5).

[24] MEDEIROS, R. M. 2020, Estudo agrometeorológico do Estado da Paraíba, p.120.

[25] MEIS, M. R. M.; COELHO NETTO, A. L.; OLIVEIRA, P.T.T.M. Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do rio Paraíba do Sul: o caso de Resende. Revista de Hidrologia e Recursos Hídricos, V.3, 1981.

[26] ORLIVEIRA, M. J.; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. S.; BAPTISTA, G. M. M. Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. Terra e Didática, v.13, n.3, p.149-184, 2017. Pnuma. Keeping the promise - Annual Report 2023. PNUMA, 2024. Disponível em: https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/4477.

[27] SILVA, J. B.; LLOPART, M. P.; BOIASKI, N. (2005). Temperatura máxima do ar em Pelotas, RS - Tabelas de probabilidades em escalas de tempo pentadal. Revista Brasileira de Meteorologia, 20(2), 267-276.

[28] SCHNEIDEMESSER, E.; MONKS, P. S.; ALLAN, J. D.; BRUHWILER, L.; FORSTER, P.; FOWLER, D.; LAUER, A.; MORGAN, W. T.; PAASONEN, P.; RIGHI, M.; SINDELAROVA, K.; SUTTON, M. A. Chemistry and the linkages between air quality and climate change. Chemical Reviews, v.115, n.10, p.3856-3897, 2015. DOI: http://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00089

[29] TORRES, R. R.; MARENGO, J. A. Uncertainty assessments of climate change projections over South America. Theoretical and Applied Climatology, v. 112, n. 1–2, p. 253–272, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s00704-012-0718-7

[30] THORNTHWAITE, C. W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev, 38, 55-94.

[31] THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. (1955). The Water Balance. Publications In Climatolgoco Dg Estado da Paraíba,130, DV. New Jersey: Drexel Institute Of Technology,104p.

[32] WMO - World Meteorological Organization. Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970-2019). [S.l]: WMO, 2021. 89 p., Disponível em: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10769.

Capítulo 12

Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba e suas flutuabilidades nas tendências térmicas mínimas

Romildo Morant de Holanda
Cristiano José da Silva
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Raimundo Mainar de Medeiros
Cristiano José da Silva
Rita de Cassia Cunha Saboya

Resumo: A realização do monitoramento e análise das séries climatológicas com tendências térmicas pelo meio de índices climáticos, visando o acompanhamento das características climáticas de redução ou acréscimo em determinada região. Analisar, avaliar e entender a relação desses elementos com a agricultura e o conforto ambiental através das tendências térmicas mínimas entre 2008 a 2023, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. Utilizou-se dados mensais e anuais térmicos obtidos pelo software Estima – T, entre 2008 a 2023, na análise das tendências climatológicas, considerou-se os valores médios anuais de temperatura, com a regressão linear empregada para determinar a tendência. Estudos com tendências climáticas tornam-se mais compreensível quando se analisar séries temporais longas as quais possam ser divididas em subperíodos de 30 anos ao menos. Acredita-se que outros elementos de variabilidade atmosférica, sobre a região, tenham exercido (ou exerçam) influência na dinâmica térmicas local/regional, os quais deverão ser estudados futuramente. As informações, evidenciaram ser possível contribuir para que os poderes público, privado e os tomadores de decisões tenham condições técnicas para tomares decisões nos setores bem-estar social, recursos hídricos, planejamento agrícola, ciclos de culturas entre outro bem como os próprios prejuízos decorrentes dos efeitos de chuvas intensas ou escassas. Ao compreender as flutuações, gestores e agricultores poderão aperfeiçoar estratégias mais decididas para mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas, promovendo uma gestão sustentável aos recursos disponíveis.

Palavras Chave: Tendências térmicas; Eventos climáticos; Mudanças climáticas.

INTRODUÇÃO

O aumento alarmante no número de desastres naturais nas últimas décadas tem colocado o Brasil em alerta. Esses desastres, resultantes de eventos climáticos extremos, representam uma ameaça significativa para a sociedade, causando danos e perdas sociais, ambientais e econômicas. A tendência climática térmica é de aumento da temperatura global, devido ao acréscimo da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera

Hoje em dia, depende-se das informações e da série de dado e informações cada vez mais precisas sobre chuvas, secas, temporais e eventos extremos, por fim subsídios de médio e longo prazo geradas com alto grau de acerto (Viana 2010). Segundo ainda o autor o estudo do clima na busca da construção de novos conhecimento e consequente aproveitamento nas diversas atividades bióticas que envolvam, agricultura, armazenamento de água, agropecuário, economia, comércio, lazer, e dos recursos hídricos, meio ambiente.

Medeiros et al, (2021) analisaram as tendências térmicas climáticas, anuais das temperaturas extremas (máxima/mínima) em Bom Jesus Piauí, entre 1960 - 2018, e discutiram suas possíveis causas. Computou-se as médias mensais, anuais e estacionais correspondentes às estações do ano (verão, outono, inverno e primavera). As implicações foram na descoberta de período quente e/ou frio servindo de alerta as autoridades e aos tomadores de decisões, para um melhor planejamento agropecuário e dos agronegócios. Estas Tendências climáticas foram observadas em escala regional e local foram constatadas na área estudada. A caracterização temporal, em escala mensal e anual, gerou valores simulados muito próximos aos valores observados, fato comprovado por índices estatísticos de desempenho satisfatório.

Cunha Filho et al, (2024), que é essencial o estudo das mudanças e avaliações dos incrementos das chuvas e temperatura média em intervalos quinquenais, assim como suas tendências, anomalias e impactos no Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba, além de sua relação com a agricultura e o conforto ambiental. Segundo ainda os autores, o monitoramento das condições climáticas regional e local é crucial para os gestores no setor agropecuário e na gestão de recursos hídricos, pois permiti identificar alterações que possam causar impactos aos sistemas de produção, manejo e planejamento agrícola, armazenamento de água e conforto térmico da população.

França et al, (2022) estudaram as distribuições térmicas mínimas entre 1963 a 2020, ressaltaram os possíveis procedimentos das tendências lineares, assim como, a variabilidade do coeficiente de regressão, levando em conta a avaliação mensal dos anos, com o intuito de identificar os meses com maiores e menores flutuações térmicas, disponibilizando assim informações com relação à variação espacial e temporal térmica em Amparo de São Francisco, Sergipe. É uma ferramenta para planejamentos de ações que visem a melhor forma de gerenciar e monitorar as flutuações térmicos, utilizados na agropecuária, saúde, conforto térmico das cidades entre tantas outras aplicações. A possibilidade de reduções nas temperaturas mínimas para 20,4 ºC, poderá ocorrer nos próximos cinco anos com 45% de probabilidade.

Segundo o relatório divulgado pelo IPCC (2023) - Intergovernmental Painel on Climate Change, o aquecimento global, entusiasmado pela humanidade e hoje em dia considerado com aumento de 1,1°C, vem ocasionando impactos e alterações expressivas no clima do planeta. A previsão é que a temperatura venha a intensificar ainda mais a magnitude dessas mudanças.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Painel on Climate Change – IPCC), essas tendências registradas no passado apresentam alta probabilidade de continuarem com suas tendências no século XXI (IPCC, 2007; IPCC, 2014).

As análises das oscilações do clima da Terra nos últimos milhares de anos, a partir de testemunhos em geleiras, vêm demostrando que a variabilidade climática e os desastres naturais vêm ocorrendo em grandes escalas temporais e espaciais. Entretanto, nos últimos 150 anos, os registros de temperatura começaram a subir mais rapidamente do que ocorria em épocas passadas (Nobre et al., 2012), levando a severas mudanças, as quais vêm sendo observadas e registradas em várias regiões do planeta. Este estudo corrobora com as discussões apresentadas neste estudo.

As térmicas máxima e mínima registram acréscimo nas ocorrências da frequência e intensidade em amplas regiões globais, desde a década de 1950. As tendências positivas cobrem áreas superiores as tendências negativas (Reguero et al., 2019). Os estudos da América do Sul, reúnem informações visando em entender as flutuações climáticas que ocorrem especificamente sobre a região Amazônica (Lopart et al., 2018), a Bacia do Prata (Montroull et al., 2018), ao Sul do continente (Detzer et al., 2019), nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste do Brasil destaca-se os trabalhos de (Oliveira et al., 2017; França et al 2022; Medeiros et al 2021; Cunha Filho, 2024).

Silva et al (2023) estudar a distribuição histórica e sua tendência futura pluvial na bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Utilizaram-se do teste de Mann-Kendall com a finalidade de detectar tendências hidro climáticas nas séries pluviométricas da área em estudo, e geraram informações que auxiliam o setor dos recursos hídricos.

Santos et al. (2007), utilizaram dos índices de extremos climáticos e correlacionaram com as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), também, mostraram as tendências de acréscimo na pluviometria anual dos estados da Paraíba e Rio Grande de Norte.

Objetiva-se analisar, avaliar e entender a relação desses elementos com a agricultura e o conforto ambiental através das tendências térmicas mínimas entre 2008 a 2023, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

MATERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras, acopla-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, abordar com, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. Posiciona-se em 7º43’S e 36º36’W; e com 391 metros, de altitude (AESA 2025).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.

Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical, quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis, deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano. Medeiros (2020).

Utilizou-se dados mensais e anuais térmicos (°C) obtidos pelo software Estima – T (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006), abrangendo o intervalo de ano entre 2008 a 2023.

Na análise das tendências climatológicas, considerou-se os valores médios mensais e anuais de temperatura mínima (ºC), com a regressão linear empregada para determinar a tendência.

RESULTADO E DISCUSSÃO

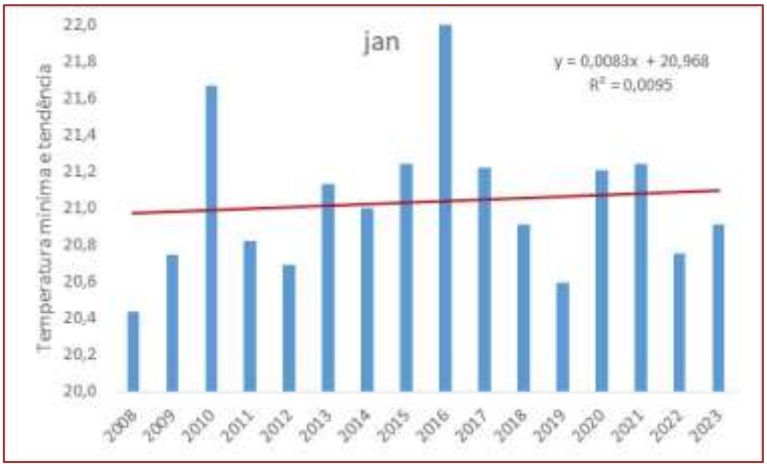
A linha de tendência crescente nos valores térmicos mensais e anuais, é uma advertência extraordinária, sugerindo que, as variações interanuais e das estações individuais com acréscimo ou diminuição, há uma tendência geral de aumento nas suas respectivas média ao longo do período. Portanto, ressalta-se que a ausência de diferença estatisticamente significativa em dados de alguns anos, pode serem atribuídas a diversas causas, assim como, influência de eventos climáticos extremos em anos específicos.

Ortolani et al, (1987) mostraram que às atividades produtivas, a agropecuária é a mais condicionada às variabilidades climáticas térmicas e pluviais, de tal forma que estas são responsáveis por até 70% da variabilidade final da produção. Essa dependência está relacionada principalmente à variação sazonal dos fatores climáticos, que determinam as estações do ano e as épocas em que ocorrem as melhores condições e os menores riscos para o desenvolvimento das culturas.

O mês de janeiro em estudo registra irregularidades térmicas fluindo de 20,4ºC (2008) a 22,0ºC (2016), (Figura 1). Registrou média climatológica de 21,0ºC, chama-se a atenção, para os anos de 2008; 2012 e 2019, que fluíram abaixo da média climatológica, está flutuação reduzida deu-se pelas ocorrências dos fatores: ocorrência de chuvas, seguidamente do auxilio vapor e umidade elevada, auxilio dos fatores de meso e microescala em plenas atividades, solo com cobertura, reduzindo as temperaturas mínimas pela madrugada e amanhecer. Os Anos 2010; 2015; 2016 e 2021, fluíram acima da média climatológica, e registrando madrugada e amanhecer quentes, com destaque para o ano de 2016 que chegou com uma temperatura de 22,0ºC, ocasionados pelos bloqueios atmosféricos local e regional.

Apesar destas flutuações anômalas, janeiro registra reta de tendência positivas, nos afirmando que a possibilidade de acréscimo na temperatura mínima é esperada nos anos futuros. Estudos que corroboram com estes resultados podem ser visto em IPCC (2022); França et al, (2022) e Medeiros et al, (2021).

Figura 1: Tendência térmica mínima de janeiro, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

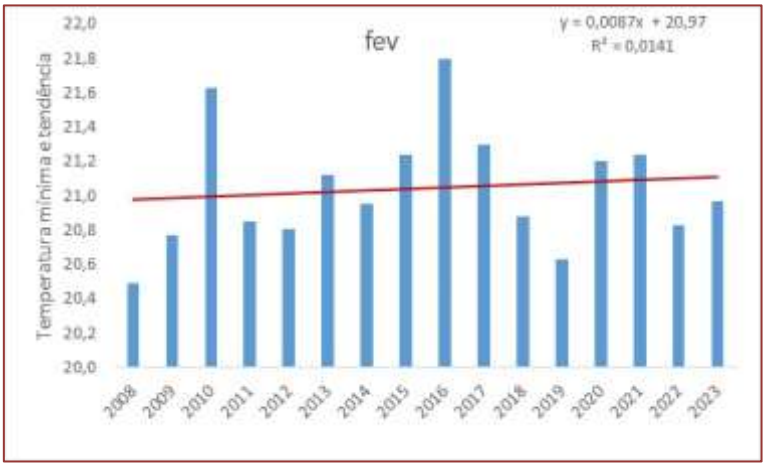
Segundo afirma Duarte et al, (2011) a temperatura contribui para melhor tomada de decisão sobre os locais amoldáveis e com aprimores características de desenvolvimento agropecuário, tão quanto, para os vegetais, animais e a agroindústria. Nas atividades agrícolas, a temperatura é decisiva para o conforto térmico, escolha do tipo de cultura a ser adotada, propagação de patógenos e no crescimento e desenvolvimento das plantas.

As flutuações das tendências térmicas mínimas de fevereiro (Figura 2). Destaca-se os anos de 2008 e 2019, com temperatura inferiores à média histórica (21,0ºC), 2010 e 2016 superando a temperatura de 21,6ºC. A má distribuição e irregularidades térmicas

observadas, decorrem dos sistemas de bloqueios e eventos extremos interanuais, registrando oscilações de magnitudes e intensidades diferenciadas.

Fevereiro, apresenta tendência térmica crescente, com coeficiente de determinação da regressão (R^2) baixo, mesmo assim, espera-se aumento nas variações térmicas mínimas futuramente, conforme nos afirma IPCC (2023); Medeiros et al, (2021).

Figura 2: Tendência térmica mínima de fevereiro, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Março (Figura 3), registra tendência térmica mínima positiva, com coeficiente de determinação da regressão (R^2) fraca, com possível aumentos nos anos seguintes. A climatologia foi de 21,1ºC, registrando irregularidades e má distribuições ocasionadas pela troca de calor, movimentos verticais descentes, foco de queimadas, e as não contribuições regional e local para alguns anos, como: 2010, 2016 e 2017, e no ano de 2008 que registou 20,6ºC, anos de madrugadas e amanhecer frios. Resultados similares foram detectados por Marengo et al, (2019); Medeiros et al, (2021).

Figura 3: Tendência térmica mínima de março, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

Fonte: Medeiros (2026).

As variabilidades térmicas mínimas, registradas no mês de abril, (Figura 4) com irregularidades e má distribuições, com anos fluindo acima e abaixo da média histórica (20,8ºC), destaca-se os anos de 2010; 2013 a 2017, 2020 e 2021, fluíram entre a normalidade, os demais anos ocorreram inferiores a climatologia. As oscilações dos sistemas de meso e microescala, seguidamente dos auxílios local, regional e as contribuições de bloqueios foram os causadores destas irregularidades. Conforme podem ser descritos nos estudos de Viana, (2010); IPCC (2021); IPCC (2023) e Cunha Filho et al, (2024).

Figura 4: Tendência térmica mínima de abril, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

Fonte: Medeiros (2026).

Estudar as flutuações das variáveis e dos elementos climáticas é essencial, precisamente, para expandir nossas informações sobre as mudanças climáticas, seus impactos adversos, seguidos de perdas e danos conexos, à natureza e às pessoas.

Medeiros et al. (2016) analisaram o procedimento das tendências térmicas e pluviais nas condições climatológicas em Bom Jesus Piauí, salientaram que o cenário futuro é pessimista, sugerindo uma redução de até 20% na precipitação e 4 ºC de aumento na temperatura.

O mês de maio Figura (5), registra reta de temperatura mínima com tendencia positiva e de baixo Coeficiente de determinação da regressão (R^2). Os anos de 2010; 2015; 2016 os de maiores poderes térmicos e o ano de 2008 o de menor variabilidade térmica. Segundo podem ser descritos nos estudos de Viana, (2010); IPCC (2023) e Cunha Filho et al, (2024).

Figura 5: Tendência térmica mínima de maio, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

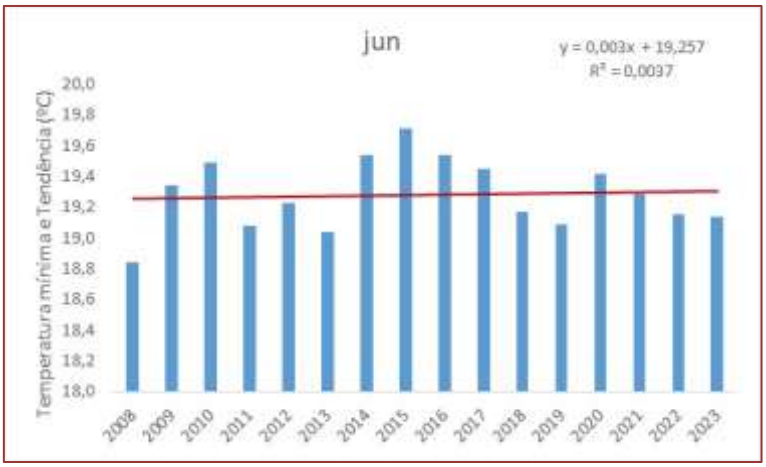
Fonte: Medeiros (2026).

Vincent et al. (2005), a tendência significativa de ampliação da temperatura mínima, seguidamente de aumento de noites quentes e redução da amplitude diária em toda a América do Sul, e fato que corrobora com os resultados deste estudo.

As variações de mudanças de tempo, ora com incidência de foco de queimadas e incêndios, variabilidade na cobertura de nuvens, troca de calor, derrubada da vegetação nativa, formação de grandes áreas de pastagens, incidências da radiação solar a superfície, vem ocasionando mudanças bruscas no comportamento da humanidade e meio ambiente.

O mês de junho, representado na Figura 6 registra reta de tendencia positiva e de baixo coeficiente de determinação da regressão (R^2). As flutuações térmicas mínima oscilaram de 19,5ºC em 2015 a 18,8ºC em 2008. Os resultados e discussões corroboram com o estudo de Cunha Filho et al, (2024).

Figura 6: Tendência térmica mínima de junho, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

As médias mensais e anuais de temperatura demonstram que sofre algumas oscilações entre regiões de estudo. A combinação das alterações no padrão pluvial do semiárido, previsto suas reduções, acoplados por extremos térmicos, vem proporciona ampliação no padrão dos poderes evaporativos e de evapotranspirativos conforme afirmação de (Lacerda, 2015).

Caracterizados por desvios significativos em relação a um estado climático moderado, os eventos extremos podem ocorrer em diferentes escalas de tempo, abrangendo desde o curto até o longo prazo e estão intimamente relacionadas à variabilidade do clima. Intensificadas pelas ações humanas, as mudanças no clima, têm estimulado a ocorrência de anomalias climáticas, aumentando a frequência e intensidade desses extremos climáticos (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017).

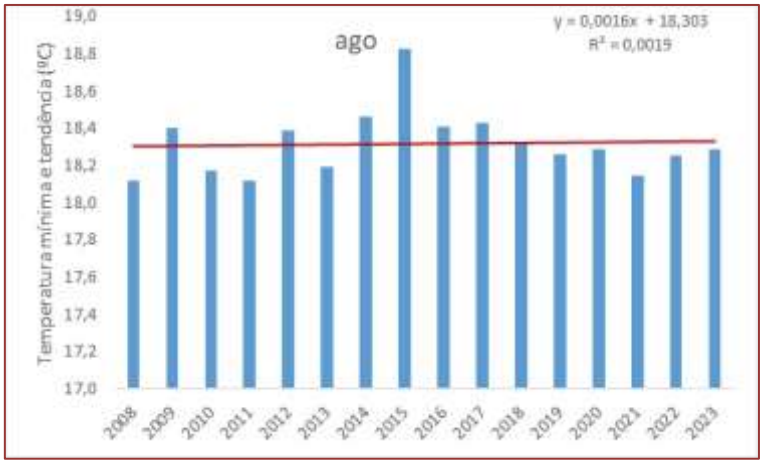
Com reta de tendência positiva e com coeficiente de determinação da regressão (R^2), baixo, para o mês de julho, que registra oscilações térmicas mínima, fluindo de 18,1ºC em 2008 a 18,9ºC em 2015, A tendência de possibilidade de acréscimo é de 0,8ºC, para a série estudada, descritos nos estudos do IPCC (2023); Cunha Filho et al, (2024).

Figura 7: Tendência térmica mínima de julho, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

Fonte: Medeiros (2026).

A tendência de possibilidade de acréscimo é de 0,2ºC, para a série térmica do mês de agosto, que registrou oscilações de18,1ºC e02008 a 18,8ºC em 2015, conforme demostrada na figura 8. Discussões similares podem ser revista no estudo de Cunha Filho et al (2024).

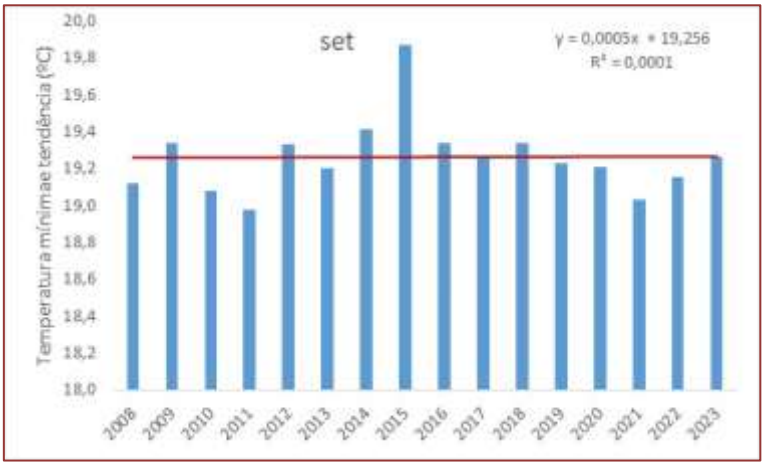
Figura 8: Tendência térmica mínima de agosto, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Com 19,9ºC no mês de setembro a 18,9ºC em 2011, de acordo com a Figura 9, tendência térmica mínima, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. Nos demonstrando um coeficiente de regressão fraco e tendência positiva. As oscilações mínimas decorrentes das flutuações dos sistemas atmosféricos atuantes e das ca4sas abióticas, conforme podem ser descritos nos estudos de IPCC (2023) e Cunha Filho et al, (2024).

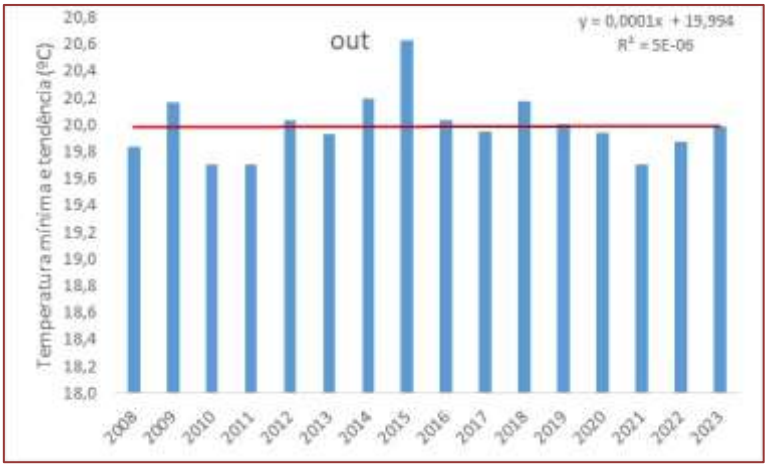
Figura 9: Tendência térmica mínima de setembro, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

A oscilação da tendência térmica mínima do mês de outubro, compreendido entre 2010 – 2023, fluiram de 19,7ºC nos anos de 2010/2011, a 20,7ºC em 2015. Registra um coeficiente de regressão R^2 baixíssimo e sem significância, onde nada pode-se afirmar sobre suas variabilidades. O estudo de Cunha Filho et al, (2024), corrobora com as discussões.

Figura 10: Tendência térmica mínima de outubro, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações térmicas mínimas do mês de novembro, ocasionaram madrugadas mais quentes que a normal, Intensificadas pelas ações humanas, as mudanças no clima, têm estimulado a ocorrência de anomalias climáticas, aumentando a frequência e intensidade desses extremos climáticos (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017).

A reta de tendência é positiva, com coeficiente de regressão R^2 baixíssimo e sem significância. Os estudos que corroboram com as discussões podem ser visto em, Cunha Filho et al, (2024); França et al, (2022); Medeiros et al, (2021); IPCC (2023) e IPCC (2007).

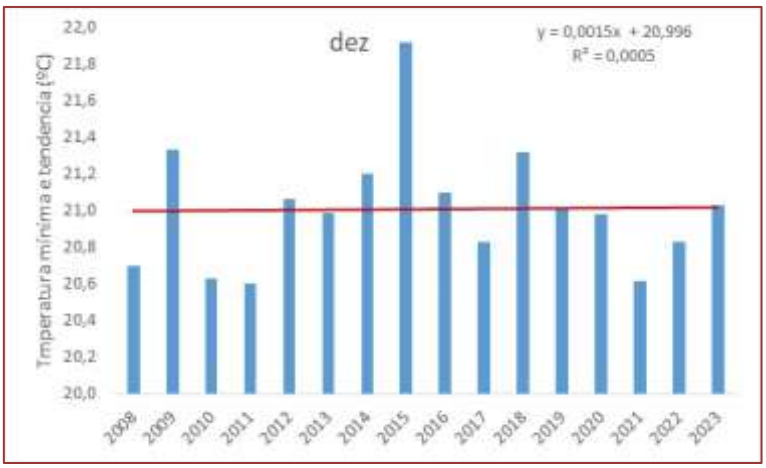
Figura 11: Tendência térmica mínima de novembro, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

Fonte: Medeiros (2026).

Nas escalas regional e local, se verifica a oscilação sazonal do clima que ocorre na área estudada. Esta variabilidade, na escala e em seu entorno rural, irá afetar as condições do clima urbano e as condições sócios ambientais.

Com pequena declividade de tendência positiva, representado no mês de dezembro (Figura 12), e com baixa significância, onde se registras oscilações térmicas, má distribuídas e irregulares, ocasionadas pelos feitos de meso e microescala, foco de queimadas, incêndios, solo nu e falta de arborização nativa, sendo as causas (a)bióticas as mais graves. Viana, (2010); Filho et al, (2024) e IPCC (2023), corroboram com as discussões.

Figura 12: Tendência térmica mínima de dezembro, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



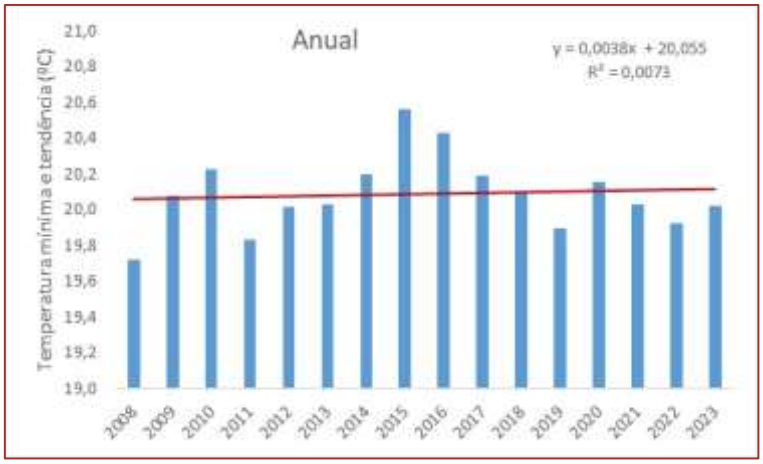
Fonte: Medeiros (2026).

Medeiros et al, (2020), analisando as tendências térmicas climáticas, anuais das temperaturas mínima em Bom Jesus Piauí, discutiram suas possíveis causas, sugerindo que as temperaturas mínimas oscilaram acima dos padrões históricos normais. Os resultados possibilitaram fazer uma delimitação do comportamento climático na área estudada, fornecendo delimitações de um período quente e/ou frio servindo de alerta as autoridades e aos tomadores de decisões, para um melhor planejamento agropecuário e do agronegócio.

As tendências térmicas mínima anual (Figura 13), registraram seus menores índices nos anos 2008; 2011; 2019 e 2022, seus maiores índices térmico ocorreram nos anos de 2015 e 2016, os demais anos foram registrados flutuações térmicas irregulares ocasionadas pelas ocorrências da insolação, radiação, focos de queimadas e incêndios, solo nu e sem vegetação nativa, seguidamente das causas (a)bióticas. A reta de tendência é positiva com baixa significância, demonstrando que em anos futuros sua flutuação poderá ser superiores as registradas.

Os estudos que corroboram com tais resultados podem ser visto em, Cunha Filho et al, (2024); França et al, (2022); Medeiros et al, (2021); IPCC (2023) e IPCC (2007).

Figura 13: Tendência térmica mínima anual, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Tabela 1 verifica-se que os coeficientes de determinação da regressão apresentaram significância fraca, está oscilação é decorrente do complexo diversificado da sazonalidade da região de estudo. Destaca-se ainda que em todos os meses do ano os coeficientes angulares são positivos, nos assegurando que a tendência da temperatura mínima é de aumentos como vem ocorrendo. Estes resultados tem a corroboração dos estudos do IPCC (2021) e IPCC (2022).

Tabela 1: Meses, Equação linear, Coeficiente de determinação da regressão (R2), média mensal e anual da temperatura mínima, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil.

Meses	Equação linear	Coeficiente de determinação da regressão (R^2)	Média
Janeiro	y = 0,0083x + 20,968	0,0095	21,0
Fevereiro	y = 0,0087x + 20,970	0,0141	21,0
Março	y = 0,0052x + 21,013	0,0052	21,1
Abril	y = 0,0060x + 20,771	0,0090	20,8
Maio	y = 0,0041x + 20,239	0,0056	20,3
Junho	y = 0,0030x + 19,257	0,0037	19,3
Julho	y = 0,0038x + 18,366	0,0083	18,4
Agosto	y = 0,0016x + 18,303	0,0019	18,3
Setembro	Y= 0,0005x + 19,256	0,0001	19,3
Outubro	y = 0,0001x + 19,994	$5,0X10^{-6}$	20,0
Novembro	y = 0,0027x + 20,527	0,0020	20,6
Dezembro	y = 0,0015x + 20,996	0,0005	21,0
Anual	y = 0,0038x + 20,055	0,0073	20,1

Fonte: Medeiros (2025)

CONCLUSÃO

Estudos com tendências climáticas tornam-se mais compreensível quando se analisar séries temporais longas as quais possam ser divididas em subperíodos de 30 anos ao menos.

Acredita-se que outros elementos de variabilidade atmosférica, sobre a região, tenham exercido (ou exerçam) influência na dinâmica térmicas local/regional, os quais deverão ser estudados futuramente.

As informações, evidenciaram ser possível contribuir para que os poderes público, privado e os tomadores de decisões tenham condições técnicas para tomares decisões nos setores bem-estar social, recursos hídricos, planejamento agrícola, ciclos de culturas entre outro bem como os próprios prejuízos decorrentes dos efeitos de chuvas intensas ou escassas.

Ao compreender as flutuações, gestores e agricultores poderão aperfeiçoar estratégias mais decididas para mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas, promovendo uma gestão sustentável aos recursos disponíveis.

Tornar mínima as consequências das oscilações térmicas, será necessário realizar reflorestar áreas de produção de grãos e pastagens, e dos recursos hídricos como lagos, lagoas, rios, açudes, riachos.

As flutuações sazonais e interanual da temperatura mínimas, decorrem das influências das estações do ano (variação sazonal) e da intensidade dos sistemas atmosféricos influentes, em cada ano, na época chuvosa e seca (variação interanual).

Informações e contribuições aos planejadores e formadores de táticas de ajuste e/ou mitigação de seus conflitos negativos, das condições climáticas favoráveis, aos humanos e agricultura.

REFERÊNCIAS

[1] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUZA, F.A.S. (2006). Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10(1),140–147.

[2] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais... S.B.M.E.T, 1, p.154-157.

[3] DETZER, J.; LOIKITH, P.; PAMPUCH, L.; MECHOSO, C.; BARKHORDARIAN, A.; LEE, H. (2019). Characterizing monthly temperature variability states and associated meteorology across southern South America. International Journal of Climatology 40, 492-508,

[4] DUARTE, L.A.; et al. (2011). Alterações na temperatura do ar mediante telas nas laterais de ambientes protegidos cultivados com tomateiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 15(2), 148–153.

[5] CUNHA FILHO, M.; LAGES, M.G.M.O.; MOURA, P.A.; JUNIOR, W.S.C.; JUNIOR, I.B.S.; PISCOYA, B.T.P.S.; FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M. Atualização, tendências, anomalias e impactos quinquenais climáticos nos elementos chuva e temperatura do povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil. Revista Caderno Pedagógico – Studies Publicações e Editora Ltda., Curitiba, v.21, n.10, p. 01-21. 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n10-147.

[6] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS. R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; SOUSA, F.A.S. Tendência da temperatura mínima e sua reta de regressão para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil. Research, Society and Development, v. 11, n. 2, e14311225633, 2022 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25633

[7] INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2024. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/

[8] INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – (2017). Perguntas frequentes: monitoramento do território: mudanças climáticas. http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=9

[9] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. (2023). Projeções climáticas. Brasília: INPE/MCTI., de www.pclima.inpe.br

[10] IPCC. (2023). - Intergovernamental Panel on Climate Change. In Reports. Disponíveis em . IPCC. (2014). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

[11] Intergovernmental Panel On Climate Change Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 2014.

[12] IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers). Cambridge.

[13] LOPART, M.; REBOITA, M.; COPPOLA, E.; GIORGI, F.; ROCHA, R.; SOUZA, D. (2018). Land use change over the Amazon Forest and Its Impact on the Local Climate. Water 10, doi: 10.3390/w10020149.

[14] MEDEIROS, R.M.; CAVALCANTI, E.P. (2021). Tendência climática das temperaturas do ar no município de Bom Jesus do Piauí, Brasil. Research, Society and Development, 9(7):1-23, e315973882.

[15] MONTROULL, N.; SAURRAL, R.; CAMILLONI, I. (2018). Hydrological impacts in La Plata basin under 1.5, 2 and 3 °C global warming above the preindustrial level. International Journal of Climatology v.38, p.3355-3368.

[16] NOBRE, C.A.; ASSAD, E.D. (2005). O aquecimento global e o impacto na Amazônia e na agricultura brasileira. INPE e Print, São José dos Campos, v. 1,

[17] ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. (1987). Influência dos fatores climáticos na produção. in: Castro, PRC, Ferreira, SO, Yamada, T. (ed.) Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Cap.4, p.7 1-79.

[18] REGUERO, B.; LOSADA, I.; MÉNDEZ, F. (2019). A recent increase in global wave power as a consequence of oceanic warming. Nature Communications 10.

[19] SANTOS, C.A.C.; BRITO, J.I.B. Análise dos índices de extremos para o semiárido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 22, n. 3, 303-312, 2007. Disponível em:< 77862007000300003 >.

[20] SILVA,M.C.;MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; FRANÇA, M.V. Tendência pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca - PE, Brasil. Revista Observatório de la Economia LatinoAmericana Curitiba, v.21, n.10, p. 17065-17086. 2023.

Capítulo 13

Flutuações térmicas e pluviais médias mensais no período, flutuações térmicas e pluviais médias mensais no período, 2010 a 2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

Cristiano José da Silva
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Raimundo Mainar de Medeiros
Rita de Cassia Cunha Saboya
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo

Resumo: A aproveitamento de técnicas estatísticas é de ampla validação nos estudos da climatologia, por tratar-se de um conhecimento de observações e suas regulares ao longo do tempo. Para tanto, estudar as variabilidades de aumento nos índices pluviais médios, ocasionados pelo acréscimo da temperatura, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 – 2024. Os implementos dos cálculos, foram realizados por planilhas eletrônicas. As análises dos resultados foram baseadas em três gráficos de dispersão, com suas respectivas linhas de tendência, equação e valor de R quadrado e um gráfico com a representação precipitação e temperatura média anual. As variáveis estudadas mostraram-se aptos ao cumprimento dos objetivos, de acordo com a pesquisa. O estudo demonstrou-se imprescindível para compreender e apontar dinâmicas que possam vim a se repetir futuramente. A influência da variabilidade térmica média é insignificante para a elevação pluvial da área de estudo. Ocorreram reduções ou acréscimo de temperatura com o deslocamento do período chuvoso e as atuações dos efeitos regionais e locais.

Palavras Chave: Regressão: Índices térmicos e pluviais; Técnicas estatísticas.

INTRODUÇÃO

Para Back, (2001) tendência pode ser entendida com uma alteração continua e sistemática observada em uma série temporal, a qual reflete o grau de acréscimo ou diminuição em seus valores.

Segundo Tao et al, (2011) uma das consequências dos aumentos térmicos seria a ampliação da frequência de ocorrência e magnitude de determinados episódios meteorológicos e hidrológicos, em consequência a intensificação do ciclo hidrológico

As diversificadas pesquisas que envolvem oscilações térmicas diurna e/ou noturna, demostrarem que a oscilações térmicas noturna registrou acréscimo máxima que a diurna. Todavia, resultados exibidos por Tomozeiu et al. (2002); Sansigolo et al, (2010), mostrarão que as duas temperaturas podem apresentar redução, ainda que possam registrar acréscimo para alguns períodos sazonais.

Segundo Mourato et al., (2010) as alterações nas médias climáticas observadas de longo prazo, caracterizam as possíveis variações de mudanças climáticas. O termo mudança climático inclui todas as formas de inconstância climática, independentemente de sua natureza estatística ou de suas causas físicas.

Molina et al, (2020) averiguaram as disposições climáticas, em relação dos elementos climáticos tormentas e tempestades severas que atingem os Estados Unidos. Os autores, investigaram as oscilações da umidade relativa do ar usando o teste de Mann Kendall e regressão linear de longo prazo (1981-2017). As análises estatísticas discutidas observaram que a magnitude e a taxa de umidade vêm aumentado desde a década de 1980.

Oliveira et al, (2020) afirmaram que o aumento do setor urbano vem influenciando no clima local, em Belém do Pará entre 1980 e 2017, quando avaliaram o procedimento dos dados climáticos históricos utilizando regressão linear. Os autores trabalharam com os parâmetros intensidade do vento, umidade relativa do ar, precipitação, temperatura máxima, média e mínima . Os resultados mostraram que as ocorrências de acréscimo nas temperaturas estão sendo registrados, ao passo que a umidade relativa do ar e o vento estão reduzindo ao longo dos anos, ou seja, o clima local está ficando mais quente e seco.

Medeiros et al, (2021) registraram aumentos na variabilidade da temperatura média significativos no período anual para Patos (1975-2014) (0,04 °C/ano) e inconclusivas para São Gonçalo (1950-2016).

O IPCC (2007) relata aumento térmico médio do ar atmosférico como evidente, onze dos doze anos anteriores a 2006 foram os anos mais quentes da década 1850, início da medição das flutuações térmica do ar por instrumental, a 2006. Em conformidade ao relatório, registrou-se aumento linear na temperatura média global de aproximadamente 0,13 ºC por década nos últimos 50 anos (1957 a 2006). Estes acréscimos foram superiores a duas vezes ao observado no período de 1850 a 1956.

IPCC (2023) - Intergovernmental Painel on Climate Change, o aquecimento global, entusiasmado pela humanidade e hoje em dia considerado com aumento de 1,1°C, vem ocasionando impactos e alterações expressivas no clima do planeta. A previsão é que a temperatura venha a intensificar ainda mais a magnitude dessas mudanças.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Painel on Climate Change – IPCC), essas tendências registradas no passado apresentam alta

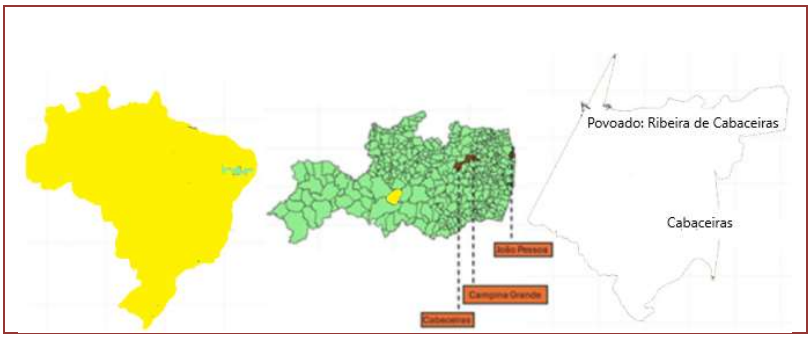
probabilidade de continuarem com suas tendências no século XXI (IPCC, 2007;; IPCC, 2014).

Objetiva-se estudar as variabilidades de aumento nos índices pluviais médios, ocasionados pelo acréscimo da temperatura, no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 – 2024.

MATERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras, acopla-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W; e 391 metros, de altitude (AESA 2026).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Na análise das tendências climatológicas, considerou-se os valores médios mensais e anuais de temperatura máxima, média e mínima (ºC), obtidos pelo software Estima – T (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006), os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2024, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). com a regressão linear empregada para determinar a tendência.

O gráfico de tendência corresponde a um gráfico simples, em coordenadas cartesianas, o qual descreve o comportamento de uma variável ao longo do tempo ou em função de outra variável. E é utilizado principalmente para identificar tendências de comportamento, dando assim uma perspectiva de eventos e/ou compreensão dos problemas em estudo (Lins, 1993).

O gráfico de dispersão é a forma padrão de considerar a interdependência entre duas variáveis de dados. Sendo o eixo x a representação de uma variável, o eixo y, a representação de outra, e cada ponto no gráfico um registro (Bruce et al., 2019). Sob o gráfico de dispersão é possível plotar a linha de tendência, a fim de visualizar a respectiva

tendência, dos dados ao longo do tempo e assim quantificar a natureza desse relacionamento, ou seja, se os dados possuem uma inclinação positiva, negativa ou se não há tendência significativa.

Utilizou-se de formulação matemática para conceber a linha de tendência que é fundamentada na regressão linear simples. A regressão linear simples estima precisamente o quanto y mudará quando x mudar em uma certa quantidade, com isso tenta-se prever a variável y a partir de x através de um relacionamento linear. A equação 1 descreve a fórmula geral da linha de tendência (Bruce et al., 2019):

$$y = b_0 + b_1 x \qquad (1)$$

Onde:

y = é a variável dependente;

b_0 = é o intercepto (ou constante);

b_1 = é o declive para x; e

x = é a variável independente.

As execuções dos cálculos, foram computadas por meio de planilhas eletrônicas Excel®. As análises dos resultados foram baseadas em cincos gráficos de tendência e quatros gráficos de dispersão, com suas respectivas linhas de tendência, equação e valor de R quadrado.

Análise de regressão simples Segundo Montgomery (2009), análise de regressão é uma técnica estatística utilizada para modelar e investigar a relação entre duas ou mais variáveis, podendo ser utilizada para construir um modelo que irá prever o resultado de um processo com base nos valores observados.

Na análise de regressão simples usa-se uma variável como sendo explicativa, outra variável como sendo a preditora. A partir desta definição considera-se que a média da variável aleatória Y esteja relacionada linearmente com a variável aleatória X e, por conseguinte constrói-se a relação linear, sendo que a inclinação e a interseção da linha são denominadas coeficientes de regressão. Como o valor observado não cai exatamente sobre a linha, têm-se o termo do erro aleatório E com média zero e variância σ^2. As estimativas de beta zero e beta um são estimadas a partir do método dos mínimos quadrados. Já para estimar σ^2 usa-se a soma dos quadrados dos erros que é um estimador não tendencioso de σ^2. Se o modelo for baseado apenas em observações, sem utilizar qualquer conhecimento teórico sobre as variáveis ele é considerado um modelo de regressão empírico.

Outra medida muito útil para identificar a adequacidade do modelo é o coeficiente de determinação (R^2). Sendo as variáveis aleatórias distribuídas conjuntamente seu valor corresponde ao quadrado do coeficiente de correlação entre duas variáveis. Esta estatística indica a quantidade da variabilidade nos dados explicada ou considerada pelo modelo de regressão. Baixo valor desta estatística indica que a variabilidade do modelo é pouco explicada, consequentemente altos valores desta estatística, indica que a variabilidade do modelo é bem explicada.

Os implementos dos cálculos, foram realizados por planilhas eletrônicas. As análises dos resultados foram baseadas em três gráficos de dispersão, com suas respectivas linhas de tendência, equação e valor de R quadrado e um gráfico com a representação precipitação e temperatura média anual.

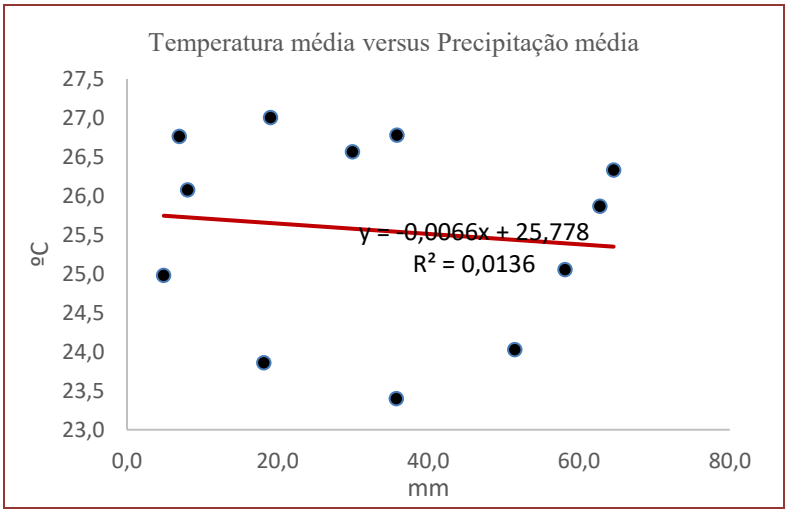
RESULTADO E DISCUSSÃO

As subsídios das condições climáticas de uma área é imprescindível para que se possam pôr táticas, que visem as manobras e utilização adequado dos recursos naturais, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para os diversos biomas da região (Sousa et al., 2010).

A análise de regressão procura analisar séries amostrais visando saber se as duas ou mais variáveis estão relacionadas entre si numa população. O coeficiente de correlação (R^2) mede o grau de relacionamento entre duas variáveis. Assim, o perfeito ajustamento das observações deve ter intercepto igual a 0 e uma inclinação (R^2 - coeficiente de correlação) igual a 1 ou 45º.

A equação da linha de tendência, entre temperatura e precipitação média está concebida na Figura 2, indica que, para cada redução da temperatura máxima reduz em média 1,3 mm/ano. O valor de R^2 = 0,0136 significa que apenas 1,36% da variação na temperatura média pode ser explicada pela oscilação pluvial. portanto, existe uma fraca correlação entre os elementos pluviais e térmicos médios para as condições em estudo. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações.

Figura 2: Relação entre temperatura média (°C) e precipitação média (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.

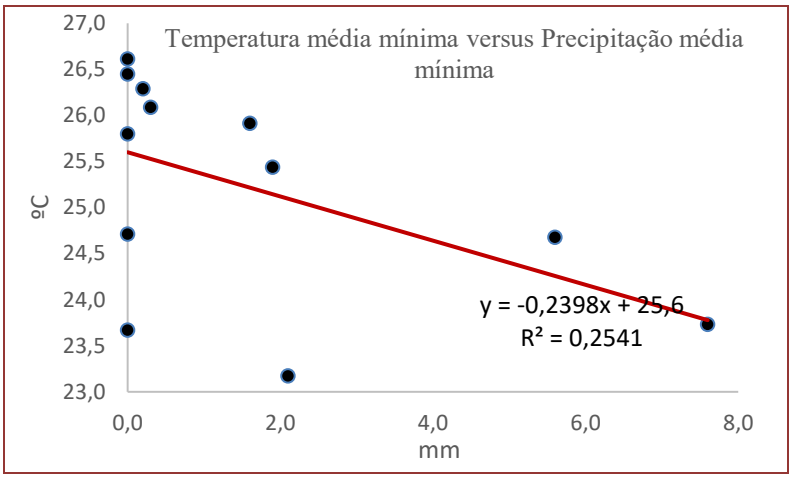


Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 3, observam-se que, para cada redução da temperatura média mínima reduz-se aproximadamente 2,5 mm/ano. O valor de R^2 = 0,2541 significa que 2,5% da variação na temperatura média mínima, pode ser explicada pela oscilação pluvial. portanto, detecta-se fraca correlação entre os elementos pluviais e térmicos médios para as condições da área estudada. Diferenciando dos resultados detectados por Medeiros et

al, (2021), os quais minutaram acréscimos na temperatura média anual para Patos (1975-2014) (0,04 °C/ano).

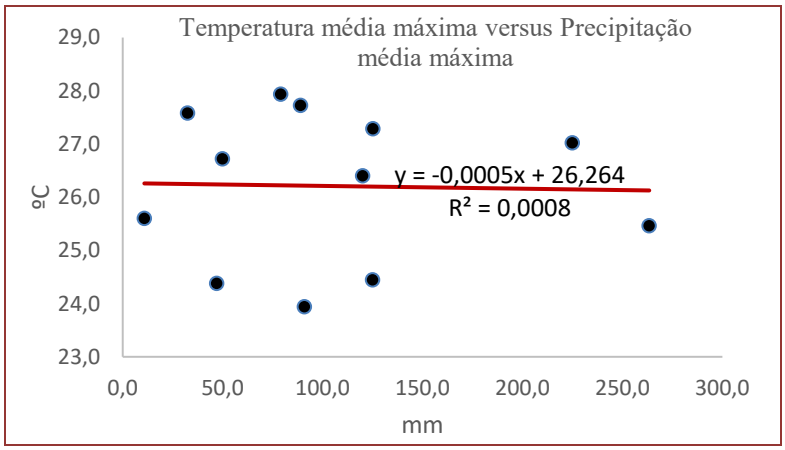
Figura 3: Relação entre temperatura média mínima (°C) e precipitação média mínima (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 4, observam-se a afinidade entre temperatura média máxima (°C) e precipitação média máxima (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024. A linha de tendência, entre os elementos estudados, indica pequena redução térmica máxima, o valor de R^2 = 0,0008 significa baixíssima oscilação térmica média pode ser explicada pela oscilação pluvial. assim sendo, existe uma fraca correlação entre os elementos pluviais e térmicos médios para as condições em estudo. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações.

Figura 4: Relação entre temperatura média máxima (°C) e precipitação média máxima (mm), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.

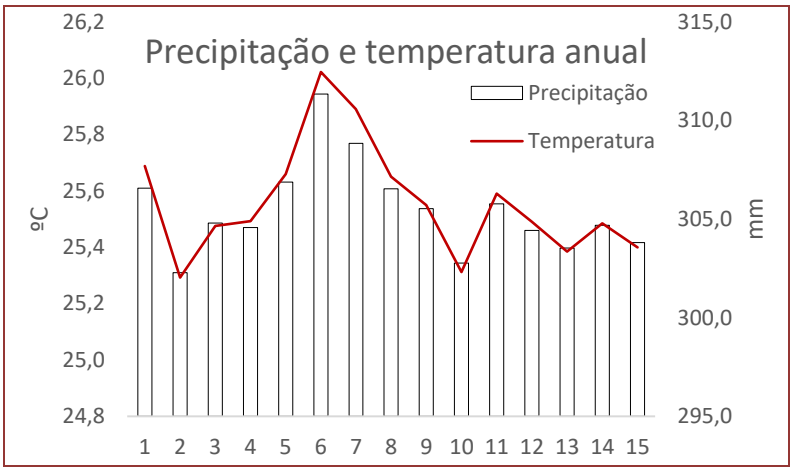


Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 5, observam-se a variabilidade térmica e pluvial anual, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024. Destaca-se as irregularidades de ambos os elementos em estudo, que nos mostram seus acréscimos e reduções, ocasionados pelos

efeitos regional e local. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações.

Figura 5: Variabilidade térmica e pluvial anual, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, entre 2010 a 2024.



Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

As variáveis estudadas mostraram-se aptos ao cumprimento dos objetivos, de acordo com a pesquisa. O estudo demonstrou-se imprescindível para compreender e apontar dinâmicas que possam vim a se repetir futuramente.

A influência da variabilidade térmica média é insignificante para a elevação pluvial da área de estudo. Ocorreram reduções ou acréscimo de temperatura com o deslocamento do período chuvoso e as atuações dos efeitos regionais e locais.

As oscilações térmicas médias são ocasionadas pelos sistemas sinóticos atuantes nos período chuvoso e seco, tal como dos impactos no meio ambiente e das atuações dos sistemas sinóticos transientes de larga escala, escala local e regional.

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2025). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

[2] ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

[3] BACK, A. J. (2001). Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. v. 36, p. 717-726.

[4] CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. IN: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 8. 1994. Belo Horizonte, Anais... SBMET, 1, 154-157.

[5] CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. (2016). Programa computacional para estimativa da temperatura do ar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil, 10(1), 140-147. 2006. Editora@ufcg.edu.br. p.150.

[6] CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M. V.; LAGES, M. G. M. O.; HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ª Edição. Universidade Federal

Rural de Pernambuco. Editora Universitária. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6

[7] IPCC. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: HOUGHTON, J.T. (Ed.). Climate Change. New York: Cambridge University Press, 2007.

[8] Intergovernmental Panel On Climate Change Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 2014.

[9] IPCC. Mudança do Clima 2023 – Relatório Síntese. IPCC, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-omcti/sirene/publicacoes/relatorios-doipcc/arquivos/pdf/copy_of_IPCC_Longer_Report_2 023_Portugues.pdf.

[10] IPCC. (2014). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

[11] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388.

[12] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928.

[13] MEDEIROS, S. E. L. et al. Influence of climatic variability on the electricity generation potential by renewable sources in the Brazilian semi-arid region. Journal of Arid Environments, v. 184, 2021.

[14] MOLINA, M. J.; ALLEN, J. T. Regionally-stratified tornadoes: Moisture source physical reasoning and climate trends. Weather and Climate Extremes, v. 28, n. October 2019, p. 100244, 2020.

[15] MOURATO, S.; MOREIRA, M.; CORTE-REAL, J. Interannual variability of precipitation distribution patterns in Southern Portugal. International Journal of Climatology, v. 30, n. 12, p. 1784–1794, 2010.

[16] MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros, 4º Edição, Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2009.

[17] SANSIGOLO, C. A.; KAYANO, M. T. (2010).Trends of seasonal maximum and minimum temperatures and precipitation in Southern Brazil for the 1913–2006 period. Theoretical and Applied Climatology.v. 101, p. 209-216.

[18] SOUSA, E. S.; LIMA, F. W. B.; MACIEL, G. F.; SOUSA, J. P.; PICANÇO, A. P. Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite para a cidade de Palmas – TO. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém - PA, Anais on line, 2010.

[19] TAO, H.; GEMMER, M.; BAI, Y.; SU, B.; MAO, W. (2011). Trends of stream flow in the Tarim River Basin during the past 50 years: Human impact or climate change? Journal of Hydrology. v. 400, p. 1-9.

[20] THORNTHWAITE, C. W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev, 38, 55-94.

[21] THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. (1955). The Water Balance. Publications In Climatolgoco Dg Estado da Paraíba,130, DV. New Jersey: Drexel Institute Of Technology,104p.

[22] TOMOZEIU R.; BUSUIOC A.; STEFAN, S. (2002). Changes in seasonal mean maximum air temperature in Romania and their connection with large-scale circulation. International Journal of Climatology. v. 22, p. 1181-1196.

Capítulo 14

Oscilações pluviais e térmicas mínimas quinquenais no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba

Cristiano José da Silva
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Raimundo Mainar de Medeiros
Rita de Cassia Cunha Saboya
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya

Resumo: Têm diversos elementos geográficos e climáticos que dissimulam as oscilações térmicas mínima do ar, para tanto é de suma importância identificar aqueles que possibilitam melhores estimativa. avaliar as flutuações quinquenais (2010-2014; 2015-2019 e 2020-2024) das temperaturas mínimas no Povoado Ribeira de cabaceiras – Paraíba. Nas análises climatológicas, considerou-se os valores mensais e anuais da temperatura mínima (ºC), obtidos pelo software Estima – T, os dados pluviais mensais e anuais (mm), do período 2010 – 2024, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). As execuções dos cálculos, foram computadas por meio de planilhas eletrônicas Excel®. As análises dos resultados foram baseadas em três gráficos das variações pluviais e térmicas mínimas quinquenal (2010-2014; 2015-2019 e 2020-2024). No quinquênio 2010-2014 os meses de menores índices térmicos foram de junho a agosto, os maiores índices térmicos registrou-se de dezembro a março. Julho a agosto tem-se as menores temperatura mínima e de dezembro a março as elevadas oscilações térmicas no quinquênio 2015-2019. No quinquênio 2020-2024 as maiores elevações térmicas foram de dezembro e janeiro, e as reduzidas de julho a gosto. A altitude e a latitude têm analogias inversamente proporcionais, enquanto a longitude teve uma relação proporcional com a temperatura. A temperatura mínima é, destacadamente, a que apresenta maior aumento e maior consistência espacial. A madrugadas na área estudada vem se tornando mais quentes e secas.

Palavras-chave: Agrometeorologia; Oscilações térmicas mínimas; Orografia; flutuações quinquenais.

INTRODUÇÃO

De acordo a (Climanálise, 1996) o Brasil, pelas suas dimensões continentais, possui uma gama de diversificação climática espaçosa, influenciada pela geográfica local e regional, sua extensão costeira, relevo e a dinâmica das massas de ar sobre seu território. Esse último fator assume grande importância, pois atua diretamente sobre as temperaturas.

Para Reis et al., (2017), o incremento fisiológico de animais e vegetais tem relação diretamente com temperatura do ar. Visto que algumas espécies são mais suscetíveis que outras, especificamente, aos níveis mínimos de temperatura. Para tanto, determinar a temperatura mínima do ar é importante pois possibilita que os agropecuário, produtores rurais e os órgãos governamentais possam planejar as atividades com maior confiabilidade. Os fatores geográficos e climáticos que afetam a temperatura mínima, são: altitude, latitude, longitude, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Medeiros et al. (2020), analisaram as oscilações das tendências térmicas, anuais das temperaturas extremas (mínima e máxima) para o município de Bom Jesus do Piauí, entre 1960-2018. Calcularam-se as médias mensais, anuais e estacionais para às estações: verão, outono, inverno e primavera. Os resultados indicaram o comportamento climático da área estudada de um período quente e/ou frio que devem servir de alerta as autoridades e tomadores de decisões para um melhor planejamento da agropecuário e do agronegócio. As flutuações das temperaturas decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso e do período seco, assim como dos impactos ao meio ambiente e das atuações dos sistemas sinóticos transientes de larga escala e das escalas local e regional.

Segundo o (IPCC, 2007; IPCC, 2014), essas intenções de Mudanças Climáticas observadas no passado recente, apresentam alta probabilidade de continuarem no mesmo sentido no século XXI.

Marengo et al., (2008) afirmaram que as alterações no padrão climático do Globo vêm despertado atenção pelo potencial de impacto ambiental nos ecossistemas e, especialmente, na agropecuária. Na região tropical, a economia é fortemente dependente desta atividade, o que aumenta a relevância de um maior conhecimento sobre a ocorrência de eventuais alterações climáticas.

Araújo et al, (2020) caracterizar as diferencias existente no clima de Bom Jesus Piauí quanto às oscilações climáticas nas temperaturas extremas, média e amplitude térmica para o período de 1990-2018 e seu comparativo com a média histórica de 1960-2018. Os autores concluíram que as médias das temperaturas mínimas tendem a aumentar e as médias das temperaturas máximas tendem a manterem-se inalteráveis. Desta forma a temperatura média e as amplitudes térmicas tendem a manter-se em elevações. A altitude e a latitude têm analogias inversamente proporcionais, enquanto a longitude teve uma relação proporcional com a temperatura. Das temperaturas em estudados, a temperatura mínima é, destacadamente, a que apresenta maior aumento e maior consistência espacial.

Medeiros et al. (2020) analisaram a variabilidade das temperaturas médias do ar e seu comportamento espaço temporal para a área de Mata Pernambucana composta por 44 municípios do período 1950-2017. Verificaram que a série temporal apresentou tendência de redução e um componente sazonal com periodicidade de 0,7 a 1,4 meses. Os autores obtivemos um bom ajuste para os modelos das séries das médias móveis para 5 e

10 anos, com valores esperados dentro do intervalo de confiança, resultado satisfatório, considerando as incertezas do erro padrão e o clima que podem alterar os resultados esperados. Na parte agrícola, os riscos de maiores tensões são apresentados com o aumento da evapotranspiração e evaporação, a recorrência do uso d'água irrigada não é descartada. Altitude e latitude são as variáveis fisiográficas que melhor explicam a variação da temperatura média do ar na área estudada.

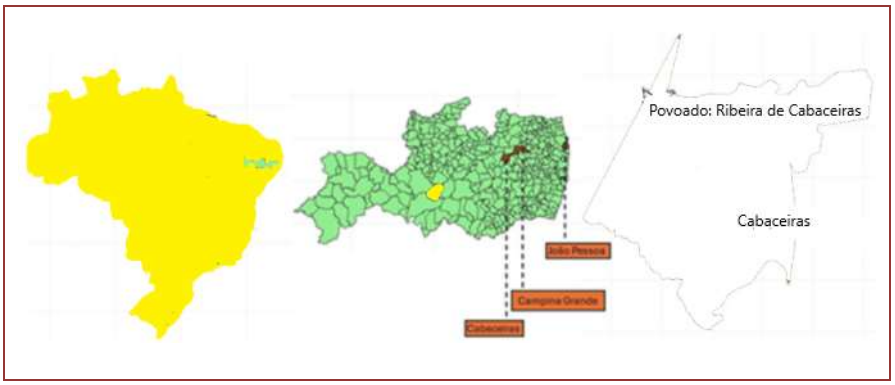
IPCC (2023) - Intergovernmental Painel on Climate Change, o aquecimento global, entusiasmado pela humanidade e hoje em dia considerado com aumento de 1,1°C, vem ocasionando impactos e alterações expressivas no clima do planeta. A previsão é que a temperatura venha a intensificar ainda mais a magnitude dessas mudanças.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as flutuações quinquenais (2010-2014; 2015-2019 e 2020-2024) das temperaturas mínimas no Povoado Ribeira de cabaceiras – Paraíba.

MATERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras, acopla-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W; e 391 metros, de altitude (AESA 2025).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Nas análises climatológicas, considerou-se os valores mensais e anuais da temperatura mínima (ºC), obtidos pelo software Estima – T (Cavalcanti et al., 1994; Cavalcanti et al., 2006), os dados pluviais mensais e anuais (mm), do período 2010 – 2024, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025).

As execuções dos cálculos, foram computadas por meio de planilhas eletrônicas Excel®. As análises dos resultados foram baseadas em três gráficos das variações pluviais e térmicas mínimas quinquenal (2010-2014; 2015-2019 e 2020-2024).

RESULTADO E DISCUSSÃO

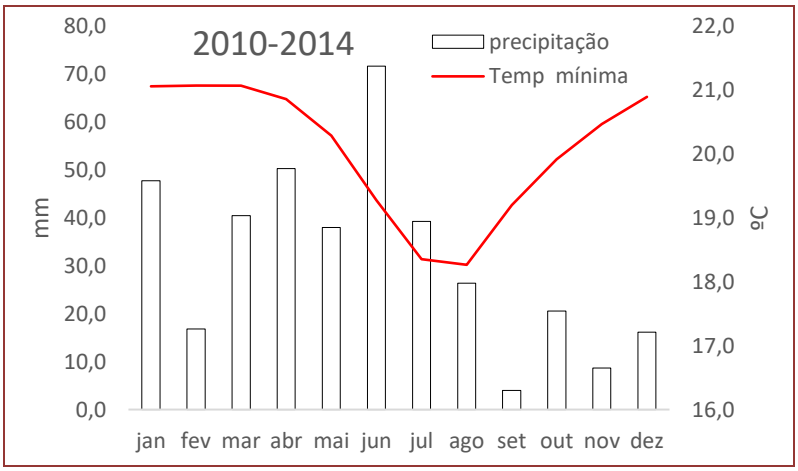
Os autores Cavalcanti et al, (2017) afirmaram que os acréscimos térmicos, vêm a resultar em eventos extremos seguidos de mudanças nos regimes pluviométricos, com maiores incidência de secas e enchentes. Esses encadeamento de desequilíbrio natural do ecossistema pode ocasionar o fenômeno da desertificação a partir do empobrecimento e degradação das terras nas zonas semiáridas, áridas e subúmidas (Almeida et al., 2014).

Na Figura 2, observam-se os demonstrativos das variações pluviais e térmicas mínimas quinquenal (2010-2014), no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba. Os meses de menores incidência térmica registra-se entre julho e agosto, e os de maiores novembro a janeiro. Observam-se acréscimo gradual, deste o final da segunda quinzena de agosto a primeira de janeiro. Registra-se reduções deste o final de março ao fim de agosto. Para Marengo et al, (2008), as madrugadas estão ficando mais aquecidas que a normalidade, onde seus efeitos regional e local, vem passando por transformações, ocasionadas pelos sistemas de meso e microescala.

As irregularidades pluviais registradas foram ocasionadas pelos movimentos verticais desentendes e ascendentes, pulso isolado da Zona de Convergência intertropical, troca de calor latente por sensível e vice versa, contribuições local e regional, que ocasionaram pequenas intensidades pluviais menores que 20 mm nos meses de fevereiro, setembro, novembro e dezembro, e chuvas superiores a 50 mm em abril e junho.

Destaca-se as oscilações de ambos os elementos em estudo, com acréscimos e reduções, ocasionados pelos efeitos regional e local. Os resultados e discussões do estudo de Cunha Filho et al, (2024), tem similaridades e corroborações.

Figura 2: Demonstrativos das variações pluviais e térmicas mínimas quinquenal 2010-2014, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

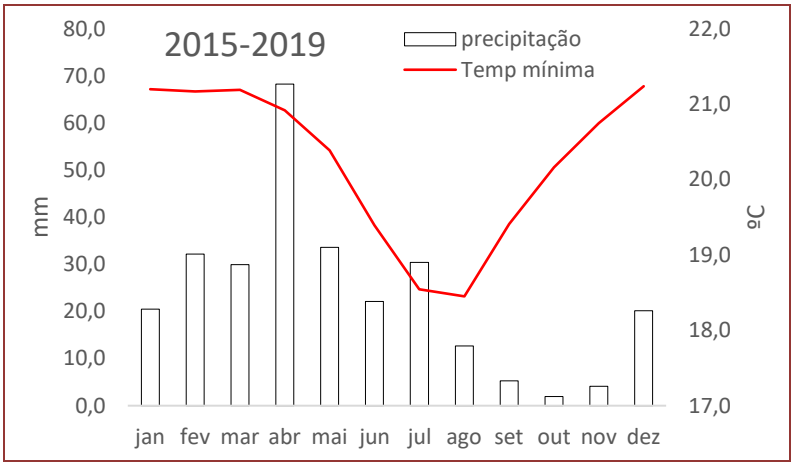
No quinquênio 2015-2019 (Figura 3), observam-se flutuações pluviais de 1,9 mm em outubro a 68,2 mm em abril. Os meses de agosto a novembro registram os menores

índices pluviais 1,9 a 12,7 mm, entre dezembro a julho as flutuações pluviais oscilaram de 20,1 mm a 68,2 mm. Estas flutuações irregulares foram ocasionadas pelas variabilidades atmosféricas como: formações de linhas de instabilidades e aglomerados convectivos, movimentos ascendentes e descendentes, atividades ou reduções dos transporte de vapor e umidade, bloqueios atmosféricos e períodos de veranicos moderado a intenso, o estudo Atlas climatológico do Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, Brasil (Medeiros et al., 2024) corroboram com as discussões.

As oscilações térmicas máximas, fluindo de 18,1ºC (agosto) A 21,2ºC (dezembro), as menores oscilações térmicas registrou-se de março a agosto (20,8ºC a 18,1ºC). Seu pico de máximo em dezembro e o de mínimo em agosto. Observa-se reduções nos índices pluviais seguidos de irregularidades entre os meses de agosto a dezembro, acréscimo gradual das oscilações pluviais entre janeiro a julho.

Medeiros (2018) a variabilidade térmica para Recife (PE), crescentes na amplitude térmica vêm ocorrendo pela falta de planejamento das cidades, de arborização e das altas incidências de queimadas e desmatamento.

Figura 3: Demonstrativos das variações pluviais e térmicas mínimas quinquenal 2015-2019, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Medeiros et al., (2020) analisaram as tendências térmicas anuais das temperaturas máxima e mínima em Bom Jesus Piauí, compreendido entre 1960-2018, concluíram que as temperaturas mínimas fluiram acima das normais históricas. Os resultados forneceram delimitações de um período quente e/ou frio servindo de alerta as autoridades e aos tomadores de decisões, para um melhor planejamento agropecuário e do agronegócio. A caracterização temporal, em escala mensal e anual, gerou valores simulados muito próximos aos valores observados, fato comprovado por índices estatísticos de desempenho satisfatório.

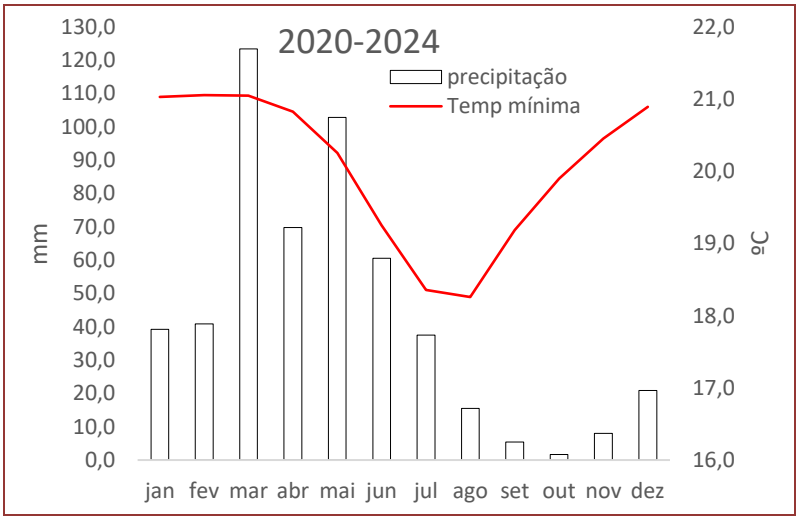
Entre os meses de setembro a dezembro quinquenal 2020-2024 as oscilações térmicas mínimas, registaram os seus maiores acréscimo térmicos, já entre abril e agosto destaca-se as menores oscilações, o que vem a corroborar com os resultados dos estudos de Marengo et al, (2008).

As chuvas irregulares e má destruídas durante o quinquênio em estudo, foram ocasionadas, pelos sistemas convectivos ascendentes, auxiliado pelos sistemas regional e

local, chama-se a atenção para as contribuições das atuações dos fortes períodos de atuações dos veranicos.

Entre janeiro a julho registrou os maiores volume pluvial e entre agosto dezembro os menores, estas flutuações vem a corroborar comas discussões de Marengo et al, (2008).

Figura 4: Demonstrativos das variações pluviais e térmicas mínimas quinquenal 2020-2024, no Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

O estudo é uma ferramenta útil para planejamentos e ações que visem a melhor forma de gerenciar os índices térmicos a serem utilizados na agropecuária, saúde, no conforto térmico.

No quinquênio 2010-2014 os meses de menores índices térmicos foram de junho a agosto, os maiores índices térmicos registrou-se de dezembro a março. Julho a agosto tem-se as menores temperatura mínima e de dezembro a março as elevadas oscilações térmicas no quinquênio 2015-2019. No quinquênio 2020-2024 as maiores elevações térmicas foram de dezembro e janeiro, e as reduzidas de julho a gosto.

A altitude e a latitude têm analogias inversamente proporcionais, enquanto a longitude teve uma relação proporcional com a temperatura.

A temperatura mínima é, destacadamente, a que apresenta maior aumento e maior consistência espacial. A madrugadas na área estudada vem se tornando mais quentes e secas.

Há ausência de plantas rasteiras vem contribuindo com as oscilações de acréscimo térmico pela madrugada, acoplados as atuações dos veranicos.

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2025). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

[2] ALMEIDA, H. A; AGUIAR, D. B; SILVA, J. N; DAMASECENO, J. Indicadores hídricos do núcleo de desertificação da Microrregião do Seridó Ocidental da Paraíba. , v. 7, n. 5, p. 1-10, 2014.

[3] ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

[4] ARAÚJO, W. R.; MEDEIROS, R, M.; FRANÇA, M, V.; HOLANDA, R. M. Oscilações climáticas das temperaturas extremas, média e amplitude térmica do ar em Bom Jesus Piauí, Brasil. Research, Society and Development, v. 9, n. 8, e238985366, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5366.

[5] CAVALCANTI, I. F. A; NUNES, L. H; MARENGO, J. A; GOMES, J. L; SILVEIRA, V. P; CASTELLANO, M. S. Projections of Precipitation Changes in Two Vulnerable Regions of São Paulo State, Brazil. American Journal of Climate Change, v. 06, p. 268-293, 2017.

[6] CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUZA, F. A. S. (2006). Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10(1),140–147.

[7] CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais... S.B.M.E.T, 1, p.154-157.

[8] CLIMANALISE: Climatologia de Precipitação e Temperatura. Edição especial, 1996.

[9] CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M. V.; LAGES, M. G. M. O.; HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ª Edição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6

[10] IPCC. Mudança do Clima 2023 – Relatório Síntese. IPCC, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-omcti/sirene/publicacoes/relatorios-doipcc/arquivos/pdf/copy_of_IPCC_Longer_Report_2 023_Portugues.pdf.

[11] IPCC. (2014). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

[12] Intergovernmental Panel On Climate Change Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 2014.

[13] IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers). Cambridge.

[14] KÖPPEN, W.: GEIGER, R. (1928). Klimate der *Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.

[15] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde*:* Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388p.

[16] MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. International Journal of Climatology, v.28, p.893-904, 2008. DOI: 10.1002/joc.1584.

[17] MEDEIROS, R.M; CAVALCANTI, E.P. Tendência climática das temperaturas do ar no município de Bom Jesus do Piauí, Brasil. Research, Society and Development, 9(7):1-23, e315973882. 2020.

[18] MEDEIROS, R. M, HOLANDA, R. M, FRANÇA, M. V, FILHO, M. C, PISCOYA, V. C, CUNHA, A. L. X, MOREIRA, G. R, FREITAS, J. F, ARAÚJO FILHO, R. N, (2020). Floating of the Average Temperature in the Area of Mata Pernambucana, Brazil. Ijsrm.Human, 2020; Vol. 15 (3), 63-83.

[19] MEDEIROS, R. M.; CUNHA FILHO, M.; HOLANDA, R. M.; FRANÇA, M. V. Atlas climatológico do Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, Brasil. (2024). In CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M. V.; LAGES, M. G. M. O.;

HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ª Edição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6.

[20] MEDEIROS, R.M. Amplitudes térmicas e sua oscilação mensal na grande metrópole Recife-PE, Brasil. Paisagens & Geografias, Revista da Unidade Acadêmica de Geografia Centro de Humanidades – UFCG. Volume 2, número 1, p.31-45. 2018.

[21] REIS, C. J.; BEIJO, L. A.; AVELAR, F. G. Temperatura mínima esperada para Piracicaba-SP via distribuições de valores extremos. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.11, n.4, p.1639-1650, 2017.

[22] THORNTHWAITE, C. W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev, 38, 55-94.

[23] THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. (1955). The Water Balance. Publications In Climatológico do Estado da Paraíba, 130, DV. New Jersey: Drexel Institute Of Technology,104p.

Capítulo 15

Flutuação da evapotranspiração quinquenal no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba

Cristiano José da Silva
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Raimundo Mainar de Medeiros
Mayra Gislayne Melo de Lima
Rita de Cassia Cunha Saboya
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti

Resumo: O conceito de evapotranspiração de referência foi primeiramente desenvolvido para analisar a demanda evaporativa do ar, desconsiderando as características específicas das culturas, sua fenologia e práticas de manejo. Estudar as oscilações da evapotranspiração quinquenal e sua climatologia no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 – 2024. Os valores da ETP, foram determinadas pelo computo do balanço, e trabalhado em planilhas eletrônica, seguidamente da ajuda da estatística. Os cálculos das anomalias foram realizados para melhor compreensão das flutuações evapotranspiradas. No período mais chuvoso, a ETP é menor, já no período mais seco a ETP registram maiores valores. Nos quinquênios 2010-2014 e 2020-2024, as flutuações da ETP, foram abaixo da normalidade e no quinquênio 2015-2019, registrou-se aumentos significativos. Os resultados das oscilações evaporimetricas poderão auxiliar no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos da região, principalmente para os pequenos agricultores que não têm acesso aos dados meteorológicos.

Palavras-chave: Necessidade hídrica; balanço hídrico; Evapotranspiração; Monitoramento e gerenciamento hidrológicos.

INTRODUÇÃO

Vicente et al, (2018) afirmaram que a necessidade hídrica em uma dada região e/ou área é de fundamental importância conhecer a demanda evapotranspirativos, ainda que seja um elemento básica é de relevante acuidade sua aferição, já que auxiliará na inclusão da dinâmica da água e de seu uso eficiente da mesma.

Para Ongaratto et al, (2020) o planejamento dos recursos hídricos e a estimativa da evapotranspiração são usadas não somente para projetos e manejo de irrigação, quão intensamente, em projetos ambientais através de modelos climáticos e das aplicações dos balanços hídricos normais e sequenciais, sendo utilizados como alguma tática de gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis.

Os autores (Tooley et al., 2021) utilizou-se de táticas hábeis de manejo para os recursos hídricos, e realizou o aperfeiçoamento dos cultivos aplicando-se modelos que analisem as mudanças climáticas visando minimizar seus impactos sobre as culturas agrícolas.

Segundo os relatos do (IPCC 2019; IPCC 2023) os eventos extremos climáticos vêm ocorrendo em maior frequência, ocasionados pelas mudanças climáticas nos padrões de chuva e disponibilidade hídrica, causando variabilidades na produção das culturas, ocasionando aos sistemas agrícolas uma sustentabilidade comprometida, resultando a população mais vulneráveis maior dependência de produção de alimentos local (Ali et al., 2021)

A evapotranspiração é uma das básicas componentes do ciclo hidrológico e do balanço hídrico, que anexa a pluviometria representam o clima de uma comarca e são empregadas como ferramenta de apoio à decisão para a gestão da água na agricultura e socioeconomia, mitigando os conflitos da insuficiência de água, assim como, evita o uso excessivo e o desperdício de recursos hídricos (Wanniarachchi 2022).

A evapotranspiração é aplicada nos cômputos dos balanços hídricos para o setor da agricultura e na modelagem de fenômenos climáticos e hidrológicos, visando estimar as ações do uso da irrigação, antecipar os rendimentos agrícolas, avaliar a disponibilidade de recursos hídricos e definir características climáticas (Back, 2008).

A estabilização de água na superfície Global é afetada diretamente pela evapotranspiração, volvendo a avaliação desse elemento climática muito enorme nas matérias que visam entender a dinâmica do ciclo da água em cada área estudada (Araújo et al., 2020). Conforme ainda os autores, incluir variáveis nas mudanças e nas alterações globais da evapotranspiração, carecemos de mais estudos e evidências sobre o elemento evapotranspiração no nosso país, para compreender a sua dinâmica e aprimorar as pesquisas.

Segundo Allen et al, (1994), a evapotranspiração é definida como a evapotranspiração de uma cultura, com 12 cm de altura, 70 s m^{-1} de resistência aerodinâmica da superfície e 0,23 de albedo. Para Sentelhas (2001) que definiu a evapotranspiração com as características da cultura por: superfície vegetada com grama, com altura de 8 a 15 cm, com crescimento ativo, sem restrição hídrica, cobrindo toda a superfície do solo.

Uma das características acentuadas da região Nordeste do Brasil (NEB), é a alta vulnerabilidade à seca, anexa especialmente às altas temperaturas e ao déficit hídrico (Refati et al., 2023). Tendências de acréscimo nos índices térmicos do ar detectadas na

região do NEB, foram referenciadas por (Costa et al., 2020; Silva et al., 2023), indicando um imaginável aumento nos episódios de seca, pois a evapotranspiração potencial é intensificada (Cabral Júnior et al., 2019), resultando em redução na quantidade de água do solo, que somada ao seu mau uso, vem ocasionando acréscimos nos riscos de desertificação em partes do NEB (Barbosa, 2024).

Objetiva-se estudar as oscilações da evapotranspiração quinquenal e sua climatologia no Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba entre 2010 – 2024.

MATERIAL E MÉTODO

O município de Cabaceiras limita-se com São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista, localiza-se em 7º43'S e 36º36'W; e com 391 metros, de altitude (AESA 2025).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.

Fonte: Medeiros (2026).

Conforme a metodologia de Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura (22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al, (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

A concretização do cômputo do balanço hídrico fundar-se na série de dados climáticos de precipitação (P) e temperatura média do ar (Tm), compreendendo o período de 2010 – 2023, as séries térmicas e pluviais, passaram pelo sistema de consistência e homogeneização.

O programa Estima_T, do núcleo de meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, foi empregado para estimar a temperatura média do ar no Povoado Ribeira de Cabaceiras. Este programa emprega o método da reta de regressão múltipla para calcular a temperatura média do ar (Cavalcanti et al., 2006).

A metodologia proposta por Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1955) para a avaliação do balanço hídrico, foi computar o balanço de água através da entrada, armazenamento e liberação de água do solo da área em estudo. Segundo a metodologia, a pluviometria acarreta acréscimo, enquanto a evapotranspiração reduz a umidade do solo.

Estabeleceu-se o período em que se registra excesso e deficiências de água no solo e calculou-se a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A evapotranspiração potencial (ETP) foi verificada segundo a Equação 1.

$$ETP = Fc*16*[10*T/I]^{a} \quad 1$$

onde:

ETP = evapotranspiração potencial (mm ano^{-1});

Fc = fator de correção (Tabela 1);

T = temperatura média do ar (°C);

I = índice de calor anual, representa a soma dos índices mensais; e

a = função cúbica do índice de calor anual, é determinada como a seguir:

$a = 6{,}75*10\text{-}7*I^{3}\text{-}7{,}71*10\ 5*I^{2}+0{,}01791*I+0{,}492.$

Thornthwaite (1948) utilizou-se da sua metodologia e determinou os fatores de correção (Fc) para cada mês do ano de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Fatores de correção (Fc) para cada mês do ano.

Fator de correção – fc											
jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fonte; Unesco (1982).

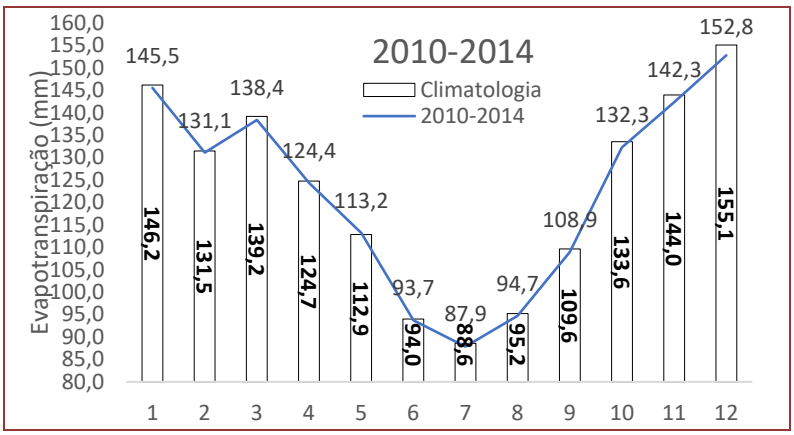
Os valores da ETP, foram determinadas pelo computo do balanço, e trabalhado em planilhas eletrônica, seguidamente da ajuda da estatística. Os cálculos das anomalias forem realizados para melhor compreensão das flutuações evapotranspiradas.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Segundo Lucas et al. (2020) a evapotranspiração (ETP) é a máxima vazão d'água do ciclo hidrológico em escala global, constituindo a ETP como o principal preditor climático de biodiversidade (Fisher et al., 2011), e, ligado a precipitação são decisivas para a disponibilidade de água no solo, sendo indicadores centrais de eventos de secas (Medeiros et al., 2021; Zhao et al., 2022).

Tem-se na Figura 2 as representações gráficas da evapotranspiração quinquenal (2010-2014) e histórica, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba. Com pequenas diferenças entre os valores climatológicos e observados e com os mesmos perfis de curva, Os meses de alta ETP, ocorrem de novembro a janeiro, e os meses de menores índices de ETP registram-se de junho a agosto, similaridade com os estudos de França et al, (2021).

Figura 2: Representação gráfica da evapotranspiração quinquenal (2010-2014) e histórica, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

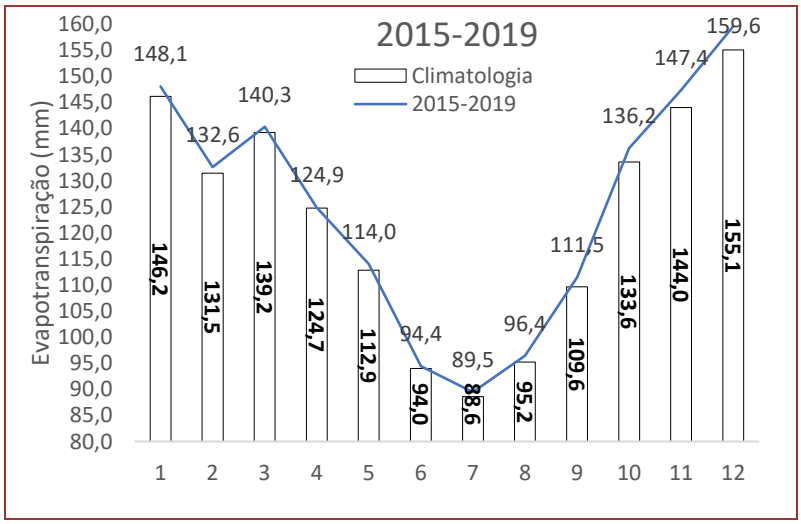


Fonte: Medeiros (2026).

Para (Mutti et al., 2020; Tavares et al., 2023; IPCC 2023). No cenário atual do aquecimento global, mudanças nos elementos precipitação e evapotranspiração e, portanto, na disponibilidade hídrica, vem ocasionando disparidade impactos, como prolongados períodos de seca, alteração dos ecossistemas, com vários setores socioeconômicos sendo afetados, como os setores, geração de energia hidroelétrica, agricultura, agronegócios, pecuária, abasteci0ent6 e represamento e indústria.

Observam-se as flutuações evaporimetricas e suas climatologia no quinquênio 2015-2019, destaca-se os meses janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro a dezembro, superando a climatologia. Aumentos significativos, justificadas pelas variabilidades dos elementos: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o balanço de energia à superfície, segundo os autores (Sabino et al., 2023; Zomer et al., 2022).

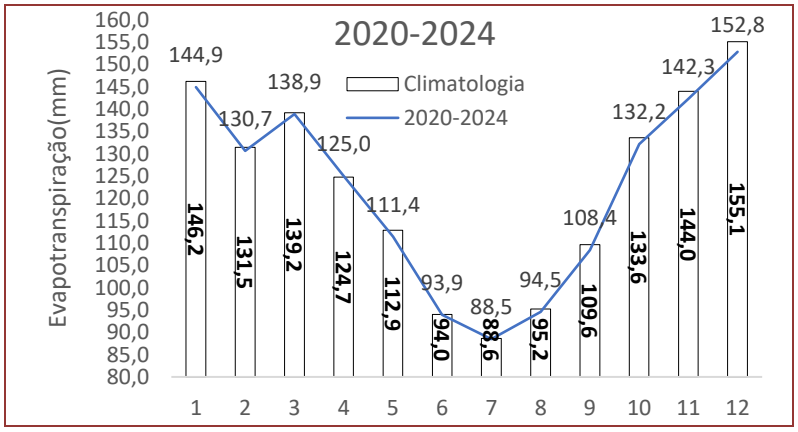
Figura 3: Representação gráfica da evapotranspiração quinquenal (2015-2019) e histórica, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações evapotranspirativos quinquenal de 2020-2024 e histórica (figura 4), registrou-se abaixo da climatologia, ocasionadas pelas atividades das variáveis; temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o balanço de energia à superfície, (Zomer et al., 2022; Sabino et al., 2023).

Figura 4: Representação gráfica da evapotranspiração quinquenal (2020-2025) e histórica, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

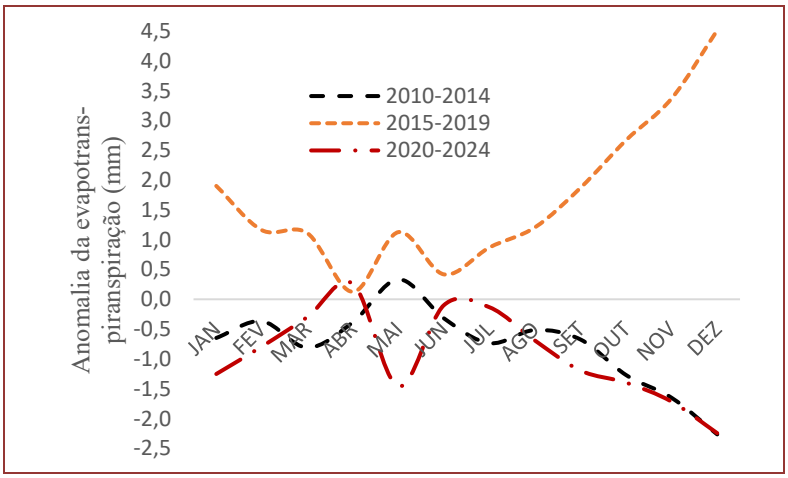


Fonte: Medeiros (2026).

As flutuações mensais e anuais da evapotranspiração são justificadas especialmente em emprego de outras variáveis atmosféricas, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o balanço de energia à superfície, entre outros (Beruski et al, 2020; Cabral Júnior et al., 2021; Zomer et al., 2022; Sabino et al., 2023).

As oscilações anômalas da ETP, estão representadas na figura 5, nos quinquênios 2010-2014 e 2020-2024, as flutuações da ETP, foram abaixo da normalidade, exceto nos meses de abril e maio, no quinquênio 2015-2019, registrou-se aumentos significativos, justificadas pelas variabilidades dos elementos: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o balanço de energia à superfície, segundo os autores (Zomer et al., 2022; Sabino et al., 2023).

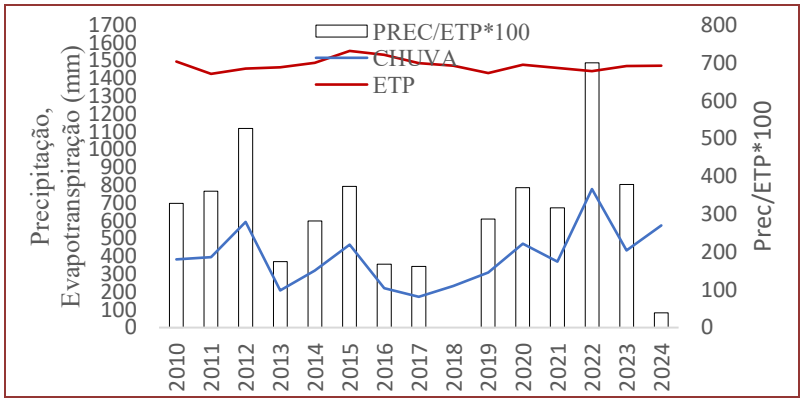
Figura 5: Representações gráficas das evapotranspirações quinquenais, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

Na Figura 6 tem-se as representações gráficas da evapotranspiração, chuva e percentual entre chuva e evapotranspiração. A ETP superou os índices pluviais de 700% a 0,0%, percebe-se altos valores na ETP e valores baixos nos índices pluviais, o estudo de Medeiros (2020) tem similaridade com as discussões,

Figura 6: Representações gráficas da evapotranspiração, chuva e percentual entre chuva e evapotranspiração para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

No período mais chuvoso, a ETP é menor, já no período mais seco a ETP registram maiores valores.

Nos quinquênios 2010-2014 e 2020-2024, as flutuações da ETP, foram abaixo da normalidade e no quinquênio 2015-2019, registrou-se aumentos significativos.

Os resultados das oscilações evaporimetricas poderão auxiliar no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos da região, principalmente para os pequenos agricultores que não têm acesso aos dados meteorológicos.

REFERENCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2024).

[2] ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Viena -AT, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

[3] ALI, U. et al. 2021. Climate change impacts on agriculture sector: A case study of Pakistan. Ciência Rural, Santa Maria, v. 51, n. 8, 2021.

[4] ALLEN, R. G.; SMITH, M.; PERRIER, L. S.; PEREIRA, L. S. An update for the definition of reference evapotranspiration. ICID Bull., v. 43 p. 1-34, 1994.

[5] ARAÚJO, W. R.; MEDEIROS, R. M.; FRANÇA, M. V.; Espacialização da evapotranspiração na bacia hidrográfica do rio Ipojuca-PE, Brasil. Journal of Biotechnology and Biodiversity, Gurupi, v. 8, n. 3, p. 205-218, 2020.

[6] BACK, A. J. Desempenho de métodos empíricos baseados na temperatura do ar para a estimativa da evapotranspiração de referência em Urussanga, SC. Irriga, Botucatu, v.13, n. 4, p. 449-466, 2008.

[7] BARBOSA, H. A. Understanding the rapid increase in drought stress and its connections with climate desertification since the early 1990s over the Brazilian semi-arid region. Journal of Arid Environments, v. 222, p. 105142, 2024.

[8] BERUSKI, G. C.; NEPOMUCENO, Y. C. Estimação da evapotranspiração potencial sob distintas condições de referências para determinação do consumo hídrico da soja e milho. Revista Brasileira de Climatologia, v. 27, p. 864-882, 2020.

[9] CABRAL JÚNIOR, J. B. et al. Considerações sobre a evapotranspiração estimada pelo algorítimo SEBAL no semiárido brasileiro. Revista de Geociências do Nordeste, v. 7, n. 1, p. 45-51, 2021.

[10] CABRAL JÚNIOR, J. B.; SILVA, C. M. S.; ALMEIDA, H. A.; BEZERRA, B. G.; SPYRIDES, M. H. C. Detecting linear trend of reference evapotranspiration in irrigated farming areas in Brazil's semiarid region. Theoretical And Applied Climatology, v. 138, 2019.

[11] COSTA, R. L. et al. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. Weather Clim Extrem, v. 28, p. 1-21, 2020.

[12] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1), p. 140-147.

[13] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SABOYA, L.M.F.; ROLIM NETO, F.C.; ARAÚJO, W.R. Research, Society and Development, v. 10, n. 13, e514101321505, 2021

[14] (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21505.

[15] FISHER, J. B.; WHITTAKER, R. H.; MALHI, Y. ET Come Home: A critical evaluation of the use of evapotranspiration in geographical ecology. Global Ecology and Biogeography, v. 20, n. 1, p. 1–18, 2011.

[16] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. (eds.)]. In press. 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled 191128.pdf.

[17] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

[18] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm

[19] LUCAS, P. de O. et al. Reference evapotranspiration time series forecasting with ensemble of convolutional neural networks. Computers and electronics in agriculture, v.177, n.1, p.1-15, out. 2020.

[20] MEDEIROS, R. M. Estudo agrometeorológico para o Estado da Paraíba, p.132. 2020.

[21] MEDEIROS, F. J.; OLIVEIRA, C. P.; GOMES, R. S.; SILVA, M. L.; CABRAL JÚNIOR, J. B. Hydrometeorological conditions in the semiarid and east coast regions of Northeast Brazil in the 2012-2017 period. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 93, p. 1-15, 2021.

[22] MUTTI, P. R. et al. Assessment of gridded CRU TS data for long-term climatic water balance monitoring over the São Francisco Watershed, Brazil. Atmosphere, v. 11, n. 11, p. 1207, 2020.

[23] ONGARATTO, J. M.; BORTOLIN, T. A. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência no município de São José dos Ausentes (RS), Brasil. Eng Sanit Ambient, Rio de Janeiro, v. 26 n. 5, p. 979-987, 2021.

[24] REFATI, D. C. et al. Influence of drought and anthropogenic pressures on land use and land cover change in the brazilian semiarid region. Journal of South American Earth Sciences, v. 126, p. 104362, 2023.

[25] SABINO, M.; SOUZA, A. P. Global Sensitivity of Penman–Monteith Reference Evapotranspiration to Climatic Variables in Mato Grosso, Brazil. Earth, v. 4, n. 3, p. 714-727, 2023.

[26] SILVA, J. S.; CABRAL JÚNIOR, J. B.; RODRIGUES, D. T.; SILVA, F. D. S. Climatology and significant trends in air temperature in Alagoas, Northeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology, v. 151, p. 1-20, 2023.

[27] SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. Irrigação. Piracicaba: Funep, 2001.

[28] TAVARES, P. S. et al. Water balance components and climate extremes over Brazil under 1.5 C and 2.0 C of global warming scenarios. Regional Environmental Change, v. 23, n. 1, p. 40, 2023. TAVARES, P. S. et al. Water balance components and climate extremes over Brazil under 1.5 C and 2.0 C of global warming scenarios. Regional Environmental Change, v. 23, n. 1, p. 40, 2023.

[29] THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water budget and its use in irrigation. In: The Yearbook of Agriculture - Water. Washington, D.C., Department of Agriculture, 1955. 74

[30] THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, New York, p. 55-94, 1948.

[31] TOOLEY, B. E.; MALLORY, E. B.; PORTER, G. A.; HOOGENBOOM, G. (2021). Predicting the response of a potato-grain production system to climate change for a humid continental climate using DSSAT. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v. 307, p. 108452,

[32] UNESCO. Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies, Mexico City, 26 July - 6 August, 1982.

[33] VICENTE, M.R. et al. (2018). Evapotranspiração de referência utilizando o método FAO Penman-Monteith com dados faltantes. Global Science Technology, Rio Verde, v. 11, n. 03, p. 217-228.

[34] WANNIARACHCHI, S.; SARUKKALIGE, R. A Review on Evapotranspiration Estimation in Agricultural Water Management: Past, Present, and Future. Hydrology, Amsterdam, v. 9, n. 7, p. 123, 2022.

[35] ZHAO, M. et al. Evapotranspiration frequently increases during droughts. Nature Climate Change, v. 12, n. 11, p. 1024-1030, 2022.

[36] ZOMER, R. J.; XU, J.; TRABUCCO, A. Version 3 of the global aridity index and potential evapotranspiration database. Scientific Data, v. 9, n. 1, p. 409, 2022.

Capítulo 16

Analise pluvial mensal e anual do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023

Romildo Morant de Holanda
Cristiano José da Silva
Raimundo Mainar de Medeiros
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Rita de Cassia Cunha Saboya
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti

Resumo: A região semiárida do Nordeste brasileiro tem regime pluvial irregulares e variáveis, por diferentes elementos meteorológico climáticos e dinâmicos. Desta forma, é de fundamental importância compreender as características pluviais, nas escalas regionais e locais, visando fornecer informações seguras aos diversos setores de usuários. Analisa as oscilações espacial da pluviometria no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010-2023. Os dados pluviais mensais e anuais, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. As informações climáticas local, fornece subsídios, aos tomadores de decisões, quanto as variabilidades climáticas e suas tendências, visando desenvolvimento de projetos e pesquisas, para melhores armazenamento, represamento e abastecimento humano, proporcionando bem estar a população.

Palavras-chave: Semiárido; oscilações pluviais; regime pluvial.

INTRODUÇÃO

Monitorar e analisar as oscilações pluviais é de grande relevância para um bom desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos, especialmente diante das alterações das mudanças climáticas, observadas nas variações do clima local e regional, como citado anteriormente. isto posto, cada vez mais trabalhos investigam o comportamento espaço-temporal das chuvas e buscam compreender possíveis tendências (Helmi et al., 2023; Sousa et al., 2023; Lucas et al., 2022; Borges et al., 2021).

Segundo o (IPCC, 2021) a recorrência de desastres e a magnitude dos danos vem causando acréscimo em todo globo. Alguns desses eventos extremos estão associados às condições climáticas e meteorológicas que estão relacionadas às mudanças climáticas, conforme mostram as projeções globais

Santos et al. (2023) mostraram que a região semiárida brasileiro afronta diversas vulnerabilidades em diversos aspectos, como sociais, ambientais, hidrológico, socioeconômicos e institucionais, assim como suas fragilidades físicas e naturais, a região é caracterizada por secas recorrentes, limitando a demanda e oferta de água, e sua intensificação nos processos de desertificação e agravamentos pela degradação dos solos e pelas ações abióticas. Monteiro et al. (2021) complementam que a região semiárida nordestina tem regime climático, amplamente divulgado, difundido e conhecido, que incluem desde a escassez e suas irregularidades de chuvas. Para Oliveira et al. (2020) as variabilidades pluviais é um fator que deve ser respeitado nas tomadas de decisões para o desenvolvimento de diversas atividades.

Araújo et al. (2023) lembraram que táticas utilizadas nos auxílios a produção agropecuária, no período de seca da região semiárido, as quais sugerem a implantação de Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva, por meio de cisternas de cimentos, barragem subterrâneas são de extremas necessidades.

Vilar et al, (2020) afirmaram que os monitoramentos de episódios climáticos são de grande estima para o represamento, armazenamento e abastecimento d'água, geração de energia elétrica, atividades agropecuárias e pesqueiras, que auxiliem e investiguem os impactos, as alterações climáticas, assim como as suas possíveis causas.

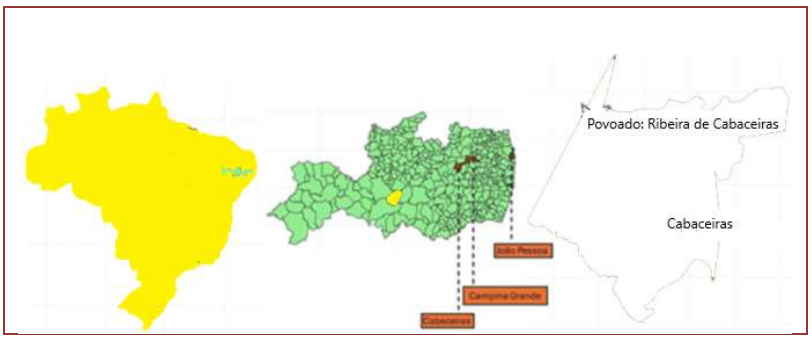
Santos Junior et al, (2023) avultaram que entre os distintos resultados já visíveis do aquecimento global no Brasil, registradas nas distribuições pluviais da região oeste do Sul do Brasil, enquanto na região litorânea do Nordeste e litoral Sul, registra-se acréscimos expressivo dos índices pluviais.

Tem-se como objetivo analisa as oscilações espacial da pluviometria no povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, entre 2010 - 2023.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceiras, achar na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, limitando-se com, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. Tem coordenadas geográficas de 7º43'S e 36º36'W e altitude de 391 metros, (AESA 2024).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade (LI) e dos aglomerados convectivos (AC), auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano. (Medeiros 2020).

Os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2024).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Segundo MEIS et al. (1981) a analise pluviais no decorrer do tempo podem serem realizadas de diferentes maneiras, possibilitando o reconhecimento do seu comportamento geral e dos seus padrões habituais e extremos.

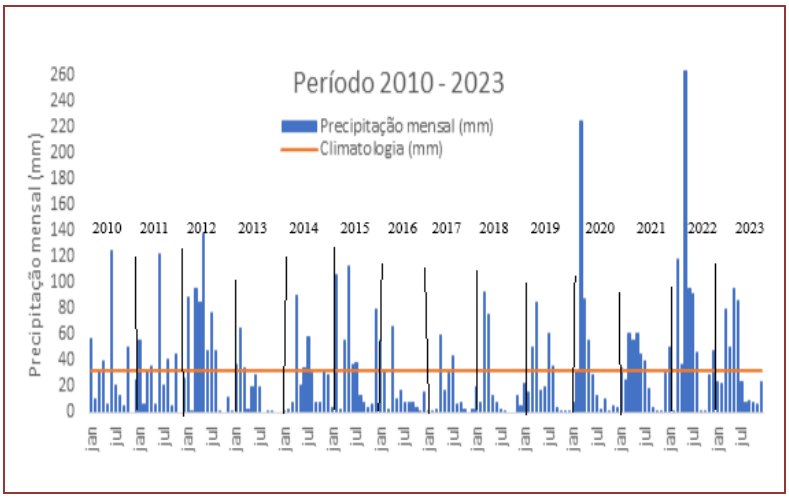
Na Figura 2, observam-se as representações pluviais mensais e anuais, a média climatológica do período de 2010 – 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceira, Paraíba. Com alta flutuações pluviais e má distribuída inter meses e ano, o que corresponde as características das regiões semiáridas brasileira, (Cunha Filho et al, 2024).

Destaca-se a atenção para o ano de 2020 que entre março e junho choveu 84,4% do valor anual pluvial (470,7 mm). O ano de 2022, choveu 83,7% do valor anual pluvial, vejam também que os anos 2021 e 2023, registram valores bem acima dos esperados, estes valores foram ocasionados pelos movimentos verticais ascendentes, formação de nuvens superiores a 0,9 décimos, troca de calar, atividade da Zona de Convergência

Intertropical e as contribuições locais e regionais que detectaram vapor e umidade sobre a região em estudo.

Os demais anos as distribuições pluviais ocasionaram, períodos de baixa precipitação, eventos extremos, como secas prolongadas e chuvas intensas, são influenciados por fenômenos climáticos globais, marcada tanto por anos excepcionalmente úmidos quanto por períodos de seca.

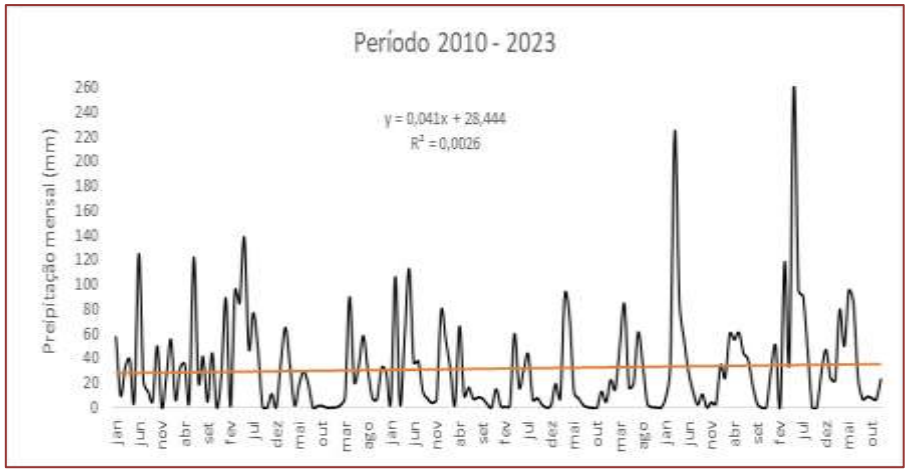
Figura 2: Representações pluviais mensais, e a média climatológica do período de 2010 – 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceira, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

A representação pluvial mensal e sua reta de tendência (Figura 3), entre o período de 2010 – 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceira, Paraíba, detecta tendência positiva com R^2 de baixa confiabilidade, pode-se chamar a atenção para as ocorrências de ventos extremos seguidos de chuvas moderadas a forte intensidade em curto intervalo tempo, podendo causar enxurradas, alagamento, cheias, desmoronamentos de terra e provocação de erosões de moderada a intensão devido à ausência da vegetação nativa..

Figura 3: Representação pluvial mensal e sua reta de tendência, entre o período de 2010 – 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceira, Paraíba.



Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

As informações climáticas local, fornece subsídios, aos tomadores de decisões, quanto as variabilidades climáticas e suas tendencia, visando desenvolvimento de projetos e pesquisas, para melhores armazenamento, represamento e abastecimento humano, proporcionando bem estar a população

REFERENCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2011). João Pessoa. http://geo.aesa.pb.gov.br.

[2] ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

[3] BARBOSA, G. S.; IOST, C.; SCHIESSL, M. A.; MACIEL, G. F. Estimativa da erosividade da chuva (R) na Bacia Hidrográfica do rio Manoel Alves Grande localizado no cerrado tocantinense. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16. Belém. 2000.

[4] ARAÚJO, J.F.; GADEA, A.; SOUZA, A.C.; COHIM, E. Dimensões ótimas da cisterna-calçadão no semiárido: agricultura e pecuária. Eng Sanit Ambient, Feira de Santana, v. 28, n. 10, p. 1-8, 2023.

[5] BORGES, A.; FUJITA, R.H.; BINDA, A.L. (2021). As chuvas do baixo rio Iguaçu (Sudoeste do Paraná) no período de 1976 a 2016. GEOSUL – Revista do Departamento de Geociências, v. 36, n. 78, 64-85. https://doi.org/10.5007/2177 5230.2021.e71496.

[6] CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M.V.; LAGES, M.G.M.O.; HOLAND, R.M.; MEDEIROS, R.M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ªEdição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6

[7] HELMI, AM.; ELGAMAL, M.; FAROUK, M.I.; ABDELHAMED, M.S.; ESSAWY, B.T. (2023). Evaluation of Geospatial Interpolation Techniques for Enhancing Spatiotemporal Rainfall Distribution and Filling Data Gaps in Asir Region, Saudi Arabia. Sustainability, v. 15, n. 8, 14028. https://doi.org/10.3390/su151814028.

[8] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2021.

[9] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 388.

[10] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928.

[11] LUCAS, M.P.; LONGMAN, R.J.; GIAMBELLUCA, T.W.,;FRAZIER, A.G.; MCLENA, J.; CLEVELAND, S.B.; HUANG, Y,F.; LEE, J. (2022). Optimizing automated kriging to improve spatial interpolation of Monthly rainfall over complex terrain. Journal of Hydrometeorology, v. 23, 561-572. https://doi.org/10.1175/JHM-D-21 0171.1.

[12] MEIS, M.R M.; COELHO NETTO, A.L.; OLIVEIRA, P.T.T.M. Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do rio Paraíba do Sul: o caso de Resende. Revista de Hidrologia e Recursos Hídricos, V.3, 1981.

[13] MONTEIRO, J.B.; ZANELLA, M.E.; PINHEIRO, D.R.C. A contribuição da técnica dos quantis na identificação de extremos de chuva e de uma metodologia para detectar situações de desastre natural no semiárido cearense. Revista Geografias, v.17, n.2, p. 1-16, 2021. DOI: https://doi.org/10.35699/2237-549X .2021.36790.

[14] OLIVEIRA, T.A.; TAVARES, C.M.G.; SANCHES, F.; FERREIRA, C.C.M. 2020. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de fora-MG no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do box plot. Revista Brasileira de Climatologia, 26, 457-478.

[15] SANTOS, J.G.R. Variação higrotérmico urbana de Goiânia/GO em um mês de calor intenso. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 16 –Vol. 27. 2023.

[16] SANTOS JÚNIOR, F.P.; SOUZA, T.P.; MENDES, L.A. (2023). "Análise de estacionariedade nas séries pluviométricas da Bacia Do Rio Preto, Bahia". In 7 Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. P.1-8,

[17] SOUSA, L.B.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, M.V.; ALMEIDA, T.A.B.; CARVALHO, A.A.; SILVA, T.G.F.; LIMA, J.L.M.P. (2023). Spattiotemporal analysis of rainfall and droughts in a semiarid basin of Brazil: Land use and land cover dynamics. Remote Sensing, 15, 2550. https://doi.org/10.3390/rs15102550.

[18] THORNTHWAITE, C.W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev, 38, 55-94.

[19] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. (1955). The Water Balance. Publications In Climatology. New Jersey: Drexel Institute Of Technology,104p.

[20] VILAR, R.A.; CORREIA, M.F.; NÓBREGA, R.S.; ARAGÃO, M.R.S.; BARBIERI, L.F.P.; FILHO, M.G.M. Avaliação dos impactos de secas severas no nordeste brasileiro na geração de energia elétrica através do modelo Newave: Projeção de energias afluentes e armazenadas. Revista brasileira de meteorologia, 35, 89-98, 2020.

Capítulo 17

Análise do índice de anomalia de chuva e extremos climáticos para o Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba

Romildo Morant de Holanda
Raimundo Mainar de Medeiros
Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Rita de Cassia Cunha Saboya
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Cristiano José da Silva

Resumo: O regime de chuva suporta alterações que podem ser observadas principalmente nos centros urbanos quando comparadas com as áreas rurais circunvizinhas. Caracterizar e analisar pluvial do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba verificando sua variabilidade climática, eventos extremos de seca e chuva sendo efetivado pela aplicação do índice de anomalia de chuva, sob análise do período de 2010 - 2024. Os dados pluviais foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos para o período de 2010-2024. Calculou-se a média aritmética dos dados pluviais mensais conseguir representar a pluviometria geral da área de estudo. Para a obtenção dos resultados utilizou-se do Índice de Anomalia de Chuvas devido a sua recorrente utilização no Nordeste Brasileiro e por requerer apenas a precipitação como dado climático. O ano de 2018 registrou menor total anual pluvial com 172,8 mm; Em 2023 registrou o maior total pluvial anual com 778,4 mm, e média anual histórica de 395,6 mm entre 2010-2024. O índice de anomalia de chuva é um excelente identificador de extremos climáticos regionais e locais. Os resultados são fundamentais para propostas de elaboração e decisões mais assertivas para os gestores estaduais, regionais e locais. Os impactos dos eventos extremos ocorreram na intensidade, frequência e duração das secas e cheias.

Palavras-chave: Índice de Anomalia de Chuvas; Variabilidade pluvial; Mudanças climáticas.

INTRODUÇÃO

Segundo Almeida, (2012) as ocorrências de eventos extremos climáticos vem se tornando mais frequentes nos últimos tempos, ocasionando grandes impactos, nas mais diversificadas regiões do Brasil. Chuvas intensas e/ou longos períodos de secas, expondo a população em situações de risco e vulnerabilidade. Estudos relatam casos de secas recordes e enchentes severas na Amazônia (Zeng et al., 2008; Marengo et al., 2011; Marengo et al., 2012; Corrêa et al., 2017; Espinoza et al., 2022). No Nordeste do Brasil registradas secas de longa duração ocasionando impactos socioambientais (Marengo et al., 2017; Costa et al., 2017; Vieira et al., 2020; Da Silva et al., 2021). No Rio Grande do Sul (Rizoto et al., 2024). As mudanças climáticas globais, vem se intensificando através dos fenômenos atmosféricos/oceânicos extremos (Vogel et al., 2020; Zhou et al., 2023) que afetam diretamente o bem-estar humano e socioeconômico (De Souza et al., 2024).

Mudanças climáticas vem interferindo nos processos internos naturais, assim como nas modulagens dos ciclos solares, erupções vulcânicas e nas causas antropogênicas persistentes, como, mudanças na composição da atmosfera e no uso da terra (IPCC, 2012; IPCC, 2023; Brito et al., 2022; Lima et al., 2021).

As oscilações climáticas, estão mudando o regime hidrológico (Almeida; et al., 2020), tanto em escala global quanto local (Santos et al., 2020;), com acréscimo significativo de eventos hidrológicos extremos de secas e chuvas, alterando-se deste modo a disponibilidade hídrica de uma região e consequentemente a qualidade de vida da população (Silva et al., 2017).

França et al., (2022) caracterização e análise da pluvial para Amparo de São Francisco (SE) verificando sua variabilidade climática, os eventos extremos de seca e chuva sendo efetivado com a aplicação do índice de anomalia de chuva sob análise do período de 1963 a 2019. 36 anos observados, ou seja, 63,2% das ocorrências são seco e/ou seco moderado intenso; 21 anos observados, ou seja, 36,8% das ocorrências são úmidos ou úmido moderado ou extremamente úmido.

Medeiros et al. (2021) analisaram as tendências climáticas para Lagoa Seca (PB) buscando admissíveis perdas destas oscilações de tendências nas atividades socioeconômicas, visando auxiliar ao setor de decisões públicas para possíveis ocorrências de eventos extemos e mudanças. Estas irregularidades pluviometria e nos eventos climáticos, são decorrentes das ações antrópicas que vem contribuindo para os aumentos em cenário local, a predominância de anos seco e muito seco, está originando impactos aos produtores do hortifrutigranjeiro que vem utilizando-se de maiores tempos em irrigações.

Medeiros et al. (2014) estudaram as oscilações extremas de pluviais em Campina Grande, entre 1970–2010, Os eventos extremos analisados foram os de maior intensidade de precipitação diária para os anos estudados. Registrou-se mudança no comportamento pluvial a partir da década de 70. Ocorreu intensificação na precipitação máxima, apresentando maior número de eventos com valores superior a 80 mm. Não ocorreu, relação direta entre a intensificação pluvial e ocorrências de El Ñino-Oscilação Sul. Eventos extremos foram evidentes entre os meses da estação chuvosa, com 88% das ocorrências e 12% na estação seca.

Vilar (2020) previu e monitorou episódios climáticos de suma importância para o abastecimento e represamento d'água, geração de energia elétrica e fomento de atividades agrícolas, pecuária e pesqueiras os quais podem auxiliar no estudo de

determinada região, possibilitando averiguar os impactos que as alterações climáticas provocam e seus possíveis causadores. A realização do monitoramento pluvial cuidadoso de secas extremas em uma região especifica é imprescindível, haja vista a necessidade de se tornar viável a adaptação do ser humano em todos os aspectos necessários à sua existência.

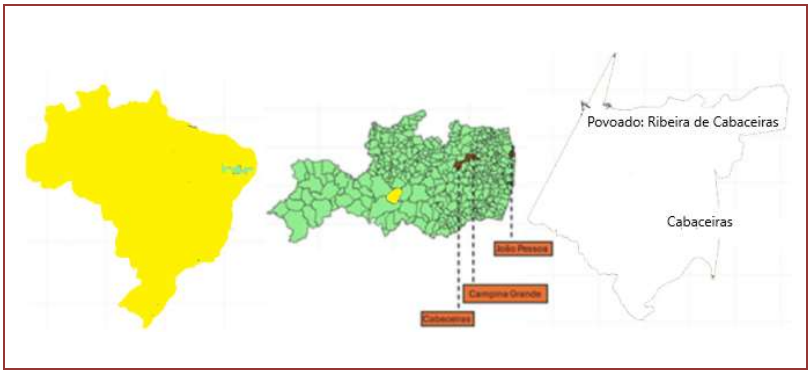
FAO (2021) destaca que o rápido crescimento das cidades vem tendo um impacto significativo sobre a terra e os recursos hídricos, invadindo terras agrícolas de boa qualidade. O documento refere ainda que a agricultura de sequeiro produz 60% dos alimentos do mundo, ocupando 80% das terras cultivadas. Já a irrigada produz 40% em 20% da terra. Outra questão destacada no relatório é o impacto da erosão do solo, que arrasta entre 20 e 37 bilhões de toneladas da camada superior do recurso anualmente. Esta situação reduz o rendimento das lavouras e a capacidade do solo de armazenar e reciclar carbono, nutrientes e água. As perdas anuais observadas na produção de cereais devido à erosão são estimadas em 7,6 milhões de toneladas.

Objetiva-se caracterizar e analisar pluvial do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba verificando sua variabilidade climática, eventos extremos de seca e chuva sendo efetivado pela aplicação do índice de anomalia de chuva (IAC) sob análise do período de 2010 - 2024.

MATERIAL E MÉTODO

O Povoado Ribeira de Cabaceiras, acopla-se na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, abordar com, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. Posiciona-se em 7º43'S e 36º36'W; e com 391 metros, de altitude (AESA 2025).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al, (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical,

quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis, deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, auxiliado pelos ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano. Medeiros (2020).

Os dados pluviais foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado dos municípios circunvizinhos para o período de 2010-2024. Calculou-se a média aritmética dos dados pluviais mensais conseguir representar a pluviometria geral da área de estudo.

Para a obtenção dos resultados utilizou-se do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) devido a sua recorrente utilização no Nordeste Brasileiro e por requerer apenas a precipitação como dado climático. O método foi desenvolvido por Rooy (1965) e adaptado por Freitas (2005), que reafirmou a sua utilização por utilizar apenas dados de precipitação e por ser possível avaliar a intensidade dos eventos extremos no Nordeste.

Os resultados do índice consistem na aplicação das Equações 1 e 2:

$$IAC\ positivo = 3 * ((N - \bar{N})/(\bar{M} - \bar{N})) \quad (1)$$

$$IAC\ negativo = 3 * ((N - \bar{N})/(\bar{m} - \bar{N})) \quad (2)$$

Onde:

N é a precipitação anual do ano em que será gerado o IAC (mm);

$\bar{N}$ representa a precipitação média anual da série histórica (mm);

$\bar{M}$ é a média das dez maiores precipitações anuais da série (mm); e

$\bar{m}$ é a média das dez menores precipitações anuais da série (mm).

As anomalias positivas apresentam valores de precipitação acima da média climatológica, as anomalias negativas abaixo da referida média e seus resultados foram classificados de acordo com a tabela 1.

Tabela 1: Classificação pluvial considerando a variação do índice anomalia de chuva

Classificação do índice anomalia de chuva	Intervalo do índice anomalia de chuva
Seco moderado a intenso	-5,5 a -2,5
Seco	-2,4 a 0,0
Úmido	0,0 a 2,4
Úmido moderado a intenso	2,5 a 5,5
Extremamente Úmido	5,6 a 7,8

Fonte: Costa et al, (2017).

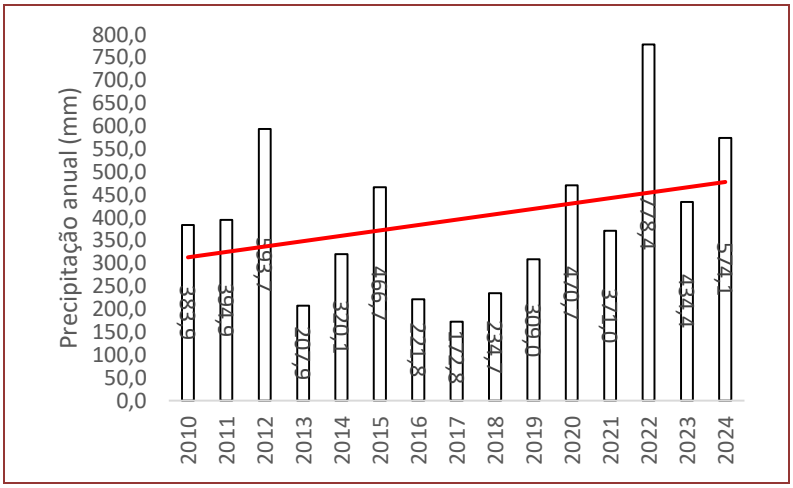
RESULTADO E DISCUSSÃO

Episódios extremos de clima e tempo são acontecimentos naturais normais em um local e época do ano específico, sendo geralmente causador de prejuízos para as atividades socioeconômicas, ambientais ou humanas (IPCC, 2022).

Os valores anuais acumulados de precipitação registraram seus máximos superior a 500 mm nos anos de 2012; 2022 e 2024 e seus mínimos nos anos de 2013; 2016; 2017 e 2018, respectivamente.

A tendência linear representada na figura 2, registra acréscimo significativos inter anos com tendência positiva nos índices pluviais, tais similaridades foram detectadas por França et a3, (2022) e Medeiros (2022).

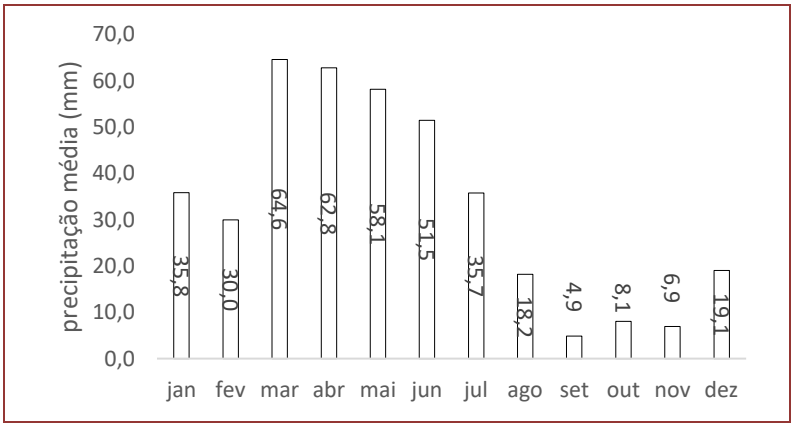
Figura 2: Distribuição média anual pluvial do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba entre 2010 – 2024.



Fonte: Medeiros (2026).

Quanto à distribuição sazonal pluvial (Figura 3), observam-se que os meses de março a julho, registram os maiores volume pluvial, janeiro, fevereiro, agosto e dezembro com chuvas intermediarias decorrentes das oscilações dos sistemas de meso e microescala, auxiliados pelos efeitos regional e local, decorrentes de chuvas fortes a moderada em curto intervalo de tempo. (Medeiros 2022). Os meses de setembro a novembro, registaram índices pluviais reduzidos e sem significâncias para armazenamento, abastecimento e sobrevivência dos seres vivos. Estas flutuabilidades estão a corroborar com as discussões de Marengo et al, (2008),

Figura 3: Distribuição média mensal pluvial do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba entre 2010 – 2024.



Fonte: Medeiros (2026).

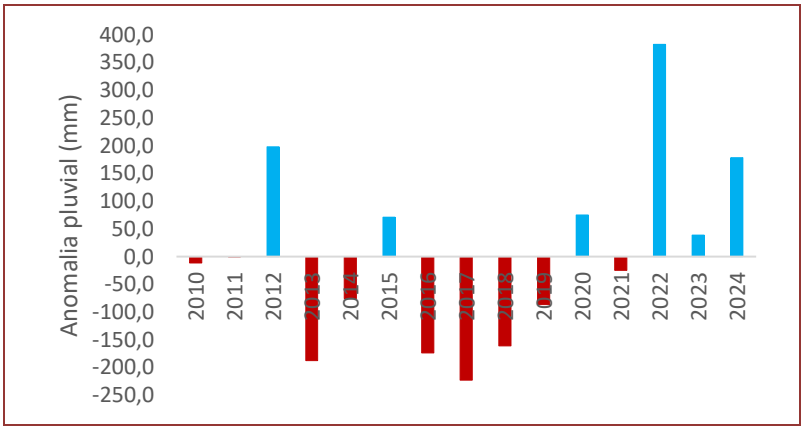
Índices positivos de IAC significam que determinado ano foi chuvoso, dependendo do valor abordando, pode ser classificado conforme intensidade como: chuvoso, muito chuvoso ou extremamente chuvoso, similarmente aos valores positivos de IAC, os valores negativos representam os anos secos com classificação de seco, muito seco ou extremamente seco (Araújo et al., 2009).

Visando concisão de melhores conhecimentos e interpretação das escalas pluviométricas, as quais podem ser efetuadas, por meio dos índices anômalos, a anomalia é ferramenta utilizada para o acompanhamento pluvial de uma região.

O acompanhamento dos índices climáticos e dos padrões espaciais de circulação atmosférica pode auxiliar na previsão de extremos chuvosos em diversas áreas do Globo, bem como na prevenção dos impactos associados aos desastres naturais hidrológicos. Projeções futuras mostram um aumento do risco de inundações e enchentes urbanas, causadas pelas mudanças no ciclo hidrológico, justamente em áreas com vulnerabilidade prévia a este tipo de desastre (IPCC, 2021; IPCC, 2022).

Na Figura 4 tem-se a distribuição da anomalia anual pluvial do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba entre 2010 – 2024. Com o predomínio de anomalias negativas (nove anos) fluindo de -0,7 mm (2011) a -222,8 mm (2017). Destaca-se os anos 2013; 2016 e 2017 como os de menores anomalias.

Figura 4: Distribuição da anomalia anual pluvial do Povoado Ribeira de Cabaceiras, Paraíba entre 2010 – 2024.



Fonte: Medeiros (2026).

Eventos extremos de seca podem desencadear diversos problemas sociais com a falta de água para consumo humano e desconforto térmico; sociais com a redução de geração de energia elétrica (hidrelétricas), perdas de plantio por falta de irrigação e ambientais, como o aumento de queimadas em regiões vulneráveis a longos períodos de estiagem, consequentemente a morte de animais por focos de incêndio.

Segundo Campos et al, (2017) as mudanças do clima causadas pelo homem já estão afetando muitos extremos meteorológicos e climáticos em todo mundo. Os eventos climáticos extremos, secas ou inundações, possuem significativa importância no cotidiano da sociedade, seja por sua frequência e intensidade de ocorrência, ou devido a vulnerabilidade socioambiental de considerável parte da sociedade.

Na tabela 2 registrou-se as seguintes classificações nove anos úmido; cinco anos secos e um ano seco moderado a intenso

Tabela 2: Anos e suas classificações segundo as oscilações dos índices de anomalia de seca para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba, Brasil entre 2010-2024.

Ano	Classificação	Ano	Classificação	Ano	Classificação
2010	úmido	2015	Seco	2020	Seco
2011	úmido	2016	úmido	2021	Úmido
2012	Seco	2017	úmido	2022	seco moderado a intenso
2013	úmido	2018	úmido	2023	Seco
2014	úmido	2019	úmido	2024	Seco

Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

O ano de 2018 registrou menor total anual pluvial com 172,8 mm; Em 2023 registrou o maior total pluvial anual com 778,4 mm, e média anual histórica de 395,6 mm entre 2010-2024.

O índice de anomalia de chuva é um excelente identificador de extremos climáticos regionais e locais. Os resultados são fundamentais para propostas de elaboração e decisões mais assertivas para os gestores estaduais, regionais e locais.

Se as mudanças observadas sejam consideradas pequenas é preciso realizar o monitoramento contínuo, a fim de se conseguir prever evento secos e chuvosos de maiores intensidades e frequências.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, L. Q. Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. (Coleção PROPG Digital - UNESP). 215p.

[2] ALMEIDA, G.G.L.; PAIVA, A.L.R.; OLIVEIRA, L.M.M.; LEONARDO, H.R.A.L. Análise de índices climáticos para avaliação do efeito de mudanças climáticas. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 01, p. 01-17, 2020.

[3] ARAÚJO, L.E.; MORAES NETO, J.M.; SOUSA, F.A.S. Análise Climática da Bacia do Rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Engenharia Ambiental 6, 508-523. 2009.

[4] BRITO, A.P.; SILVA, N.C.; TOMASELLA, J.; FERREIRA, S.J.F.; MONTEIRO, M.T.F. Análise do Índice de Anomalia de Chuva e tendência de precipitação para estações pluviométricas na Amazônia Central. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 37, n. 1, 19 30, 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0102-778637014521.

[5] CORREA, S.H.; PAIVA, R.C.D.; ESPINOZA, J.C.; COLLISCHONN, W. MULTI-DECADAL HYDROLOGICAL Retrospective: Case study of Amazon floods and droughts. J. Hydrol. 2017, 549, 667–684.

[6] CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017.

[7] COSTA, J.A.; DA SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará (Distribution space-temporal of rain anomaly index for the Ceará State). Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, n. 4, p. 1002-1013, 2017.

[8] DA SILVA JÚNIOR, F.P.; CHAVES, S.V.V. Desastres naturais no Brasil: um estudo acerca dos extremos climáticos nas cidades brasileiras. Revista da Academia de Ciências do Piaui, V.2, N.2, p.47-62, 2021.

[9] ESPINOZA, J.C.; MARENGO, J.; SCHONGART, J.; JIMENEZ, J.C. The new historical flood of 2021 in the Amazon River compared to major floods of the 21st century: Atmospheric features in the context of the intensification of floods. Weather and Climate Extremes, v. 35, p. 100406, 2022.

[10] FAO (2021). Alerta sobre degradação de um terço dos solos do planeta. Revista Tempo de aprender em Clima de Ensinar. Informativo 275.

[11] FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L.M.F.; YOLANDA, M. R. Análise do índice de anomalia de chuva para Amparo de São Francisco – Sergipe, Brasil. Revista de Engenharia e Tecnologia ISSN 2176-7270. V. 14, No. 2, Junho/2022.

[12] FREITAS, M.A.S. A Previsão De Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso Da Bacia Do Rio Parnaíba No Nordeste Do Brasil. n. 3, p. 165–190. 2005.

[13] IPCC, (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

[14] IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Sumário para Formuladores de Políticas. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.). Mudança do Clima 2021: A Base da Ciência Física. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [. Cambridge University Press, 2021.

[15] IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change; FIELD, C .B., BARROS, V., STOCKER, T.F., QIN, D., DOKKEN, D. J., EBI, K. L.; MASTRANDREA, M. D., MACH, K. J., PLATTNER, G. K., ALLEN, S. K., et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2012; p. 582.

[16] LIMA, M. A. S.; LIRA, M. A. T. A variabilidade climática e os desastres naturais no Estado do Ceará (1991-2019). Revista Brasileira de Meteorologia, v. 36, p. 603-614, 2021.

[17] MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the amazon region. Geophys. Res. Lett., 38, 2011.

[18] MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; SOARES, W. R.; ALVES, L. M. E.; NOBRE, C. A. Extreme climatic events in the Amazon basin. Theoretical Applied Climatology, v. 107, n. 1-2, p. 73-85, 2012.

[19] MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—Past, present, and future. Theor. Appl. Climatol., 129, 1189–1200, 2017.

[20] MEDEIROS, R. M. (2022). Estudo Agrometeorologicos para o Estado da Paraíba. P132, distribuição avulsa,

[21] RIZOTO, M.L.F.; COSTA, A.M.; LOBATO, L.V.C. Crise climática e os novos desafios para os sistemas de saúde: o caso das enchentes no Rio Grande do Sul/Brasil. Saúde em debate. v. 48, n.141, 2024.

[22] ROOY, M.P.V. A rainfall anomaly index independente of time and space. Notes. Weather Bureau of South África, v.14, p.43-48, 1965

[23] SANTOS, J.R.N.; ARAÚJO, M.L.S.; SILVA JÚNIOR, C.H.L.; SANTO, J.S.; ALMEIDA, J.L.; LIMA, T.V.; SOUSA, L.V.P.; AGUIAR, P.H.M.; SILVA, F.B. Tendências de extremos climáticos na região de transição Amazônia-cerrado no estado do maranhão. Revista Brasileira de Climatologia, v. 26, p. 130-154, 2020.

[24] SILVA, R.O.B.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SOUZA, W.M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 3, p. 579- 589, 2017.

[25] VIEIRA, R. M. D. S. P., SESTINI, M. F., TOMASELLA, J., MARCHEZINI, V., PEREIRA, G. R. BARBOSA, A. A.; OMETTO, J. P. H. B. Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast. Environmental and Sustainability Indicators, v. 5, p. 100016, 2020.

[26] VILAR, R.A.; CORREIA, M.F.; NÓBREGA, R.S.; ARAGÃO, M.R.S.; BARBIERI, L.F.P.; FILHO, M.G.M. Avaliação dos impactos de secas severas no nordeste brasileiro na geração de energia elétrica através do modelo Newave: Projeção de energias afluentes e armazenadas. Revista brasileira de meteorologia, 35, 89-98, 202, http://dx.doi.org/10.1590/0102-778635100.

[27] ZENG, N.; YOON, J. H.; MARENGO, J.A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C.A.; MARIOTTI, A.; NEELIN, J.D. Amazon drought. Environmental Research Letters, v. 3, n. 1, p. 014002, 2008.

[28] ZHOU, S.; YU, B.; ZHANG, Y. Global concurrent climate extremes exacerbated by anthropogenic climate change, Sci. Adv., 9, eabo1638 [em linha]. 2023.

Capítulo 18

Aptidão agroclimática do cultivo de feijão e milho para o povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

Mayra Gislayne Melo de Lima
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Romildo Morant de Holanda
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Raimundo Mainar de Medeiros
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Cristiano José da Silva
Rita de Cassia Cunha Saboya

Resumo: As informações das qualidades hídricas e climáticas são fundamentais para projetos agrícolas, e estabelece quais culturas podem ser cultivadas em uma determinada área, permitindo estimar a menor época de plantio e escolher as culturas que melhor se adaptam a região. Com o objetivo de determinar a aptidão agroclimática das cultivares feijão e milho para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, foram utilizados dados climáticos térmicos e pluviais para realizar o cômputo do balanço hídrico, evapopluviograma, índices agroclimáticos, e determinar aptidão agroclimática do feijão e milho para a região de Ribeira de Cabaceiras, haja vista a importância dessa atividade para subsistência de famílias tradicionais, e também como herança cultural da região. A aptidão agroclimática para as cultivares de feijão e milho se mostrou moderada e inapta respectivamente. O desenvolvimento e produtividade das culturas nesta região é limitada principalmente pelo déficit de água no solo cujo balanço-hídrico revelou-se negativo durante o ano todo. O planejamento agrícola como época de semeadura, uso de variedades precoces e super precoces é essencial para alcançar máxima produtividade. Ante o exposto, os resultados obtidos nesta pesquisa podem ser utilizados pelos produtores para planejar os cultivos de feijão e milho, com uso da irrigação e, ainda, servir de base para que a comunidade acadêmica e cientifica possam replicar o estudo para outras regiões do Brasil.

Palavras-chave: Potencial agrícola; Culturas; Evapopluviograma; deficiência e excedente hídricos.

INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil, abalança altiva variabilidade nos elementos meteorológicos atuante nesta área, onde o principal fator é a variação sazonal pluvial, em consequência da sua posição geográfica, orografia, sistemas de escalas meteorológicas, variabilidade da pressão e temperatura, (Oliveira et al., 2017; Santos et al., 2023).

As informações dos elementos agroclimáticos de um local é de básica estima para as atividades humanas desenvolvidas, especialmente para o setor agrícola. A emprego do balanço hídrico de Thornthwaite et al, (1948, 1955), quanto ao instrumento de manejo procura orientar ações de projetos na produção agrícola de um local, viabilizando maior rentabilidade dos cultivos.

No desenvolvimento e/ou na realização da prática da agricultura de precisão, é admissível amoldar-se o uso das áreas com potencial para abranger altas lucratividades. A utilização dessa técnica objetiva identificar, analisar, gerenciar e monitorar a variabilidade espacial e temporal dos elementos determinantes das produtividades das cultivares, visando maior rentabilidade e ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais (Singh et al., 2011; Valente et al., 2012).

A plantação agrícola no semiárido Paraibano é intensamente condicionada a pluviometria, e, consecutivamente, suas oscilações ocasionam fortes prejuízos no setor agrícola do Estado. A Paraíba tem, características climáticas marcantes, tanto espacial quanto temporalmente ocasionado pela distribuição irregular das chuvas, interferindo diretamente na produção de alimentos (Menezes et al., 2008).

Os elementos climáticos ocasionam ampla influência sobre as diversificadas atividades socioeconômicas de uma região. A variabilidade pluvial em áreas semiáridas e áridas concebem obstáculos para a agricultura de sequeiro e familiar, através do procedimento de subsistência usado por pequenos agricultores da região semiárida do Nordeste brasileiro (Alves et al, 2013).

Duarte, et al, (2013) caracterizaram o clima e realizaram a aptidão agroclimático para as culturas abacaxi, algodão herbáceo, banana, cana-de-açúcar, feijão, milho, mandioca, mamona, sisal e sorgo apontando as suas possíveis aptidões de cultivo no município Recife - PE. As culturas de abacaxi, algodão herbáceo, feijão, mamona, mandioca e sisal possuem aptidão plena para a Região. Já as cultivares: caju, milho, cana-de-açúcar e sorgo apresentaram aptidão moderada. O cultivo da banana fica restrito por apresentar maior demanda hídrica. O estudo proporciona subsídios aos tomadores de decisão, mediante a disponibilização das informações do balanço hídrico climatológico, e da aptidão das culturas, favorecendo planejamento adequado das atividades agrícolas e consequentemente redução dos riscos das culturas submetida.

A aplicação do balanço hídrico proposto por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1955), como instrumento de gestão da irrigação, visa orientar ações de planejamento na produção de culturas agrícolas para uma região, agregando maior rentabilidade dos cultivos (Medeiros et al., 2015).

O balanço hídrico fornece a quantidade de água disponível no solo para o crescimento vegetal, ou seja, contabiliza a entrada (chuva e/ou irrigação) e a saída (evapotranspiração), levando em conta a capacidade específica do solo de armazenar água (Medeiros et al., 2013).

Com a utilização do balanço hídrico e do evapopluviograma é possível determinar a aptidão agroclimática de uma região, o que permite não só a seleção das culturas, mas também a aplicação de métodos de gestão adequados, como a necessidade de irrigação durante todo o ciclo da cultura ou parte dele (Matos et al., 2015).

Em nossas pesquisas não poderíamos nos esquecer dos pequenos e humildes agricultores e dos lavradores da agricultura familiar, que trabalham para o sustento de sua família e das comunidades, com este intuito tem-se como objetivo determinar a aptidão agroclimática do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba para o cultivo do feijão e milho, pois é uma cultura de sobrevivência para diversas famílias.

MATERIAL E MÉTODO

O município de Cabaceiras limita-se com São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista, localiza-se em 7º43'S e 36º36'W; e com 391 metros, de altitude (AESA 2024).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.

Fonte: Medeiros (2026).

Conforme a metodologia de Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura (22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al, (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

A concretização do cômputo do balanço hídrico fundar-se na série de dados climáticos de precipitação (P) e temperatura média do ar (Tm), compreendendo o período de 2010 – 2023, as séries térmicas e pluviais, passaram pelo sistema de consistência e homogeneização.

O programa Estima_T, do núcleo de meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, foi empregado para estimar a temperatura média do ar no Povoado Ribeira de Cabaceiras. Este programa emprega o método da reta de regressão múltipla para calcular a temperatura média do ar (Cavalcanti et al., 2006).

A metodologia proposta por Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1955) para a avaliação do balanço hídrico, foi computar o balanço de água através da entrada, armazenamento e liberação de água do solo da área em estudo. Segundo a metodologia, a pluviometria acarreta acréscimo, enquanto a evapotranspiração reduz a umidade do solo.

Estabeleceu-se o período em que se registra excesso e deficiências de água no solo e calculou-se a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A evapotranspiração potencial (ETp) foi verificada segundo a Equação 1.

$$ETp = Fc*16*[10*T/I]^{a} \quad 1$$

onde:

ETp = evapotranspiração potencial (mm ano^{-1});

Fc = fator de correção (Tabela 1);

T = temperatura média do ar (°C);

I = índice de calor anual, representa a soma dos índices mensais; e

a = função cúbica do índice de calor anual, é determinada como a seguir:

$$a = 6{,}75*10\text{-}7*I^{3}\text{-}7{,}71*10\ 5*I^{2}+0{,}01791*I+0{,}492.$$

Thornthwaite (1948) utilizou-se da sua metodologia e determinou os fatores de correção (Fc) para cada mês do ano de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Fatores de correção (Fc) para cada mês do ano.

Fator de correção – fc											
jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fonte: Unesco (1982).

Com os dados térmicos e pluviais e de acordo com a metodologia de Thornthwaite (1948) estimaram-se os índices hídrico (I_h), de aridez (Ia) e umidade (Iu), dadas pelas Equações 2, 3 e 4.

$$I_h = 100(Exc/ETp) \quad (2)$$

$$I_a = 100(DEF/ETp) \quad (3)$$

$$I_u = I_h - (0{,}6 * I_a) \quad (4)$$

Onde:

I_h = índice hídrico (%);

I_a = índice de aridez (%);

I_u = índice de umidade (%);

Exc = excesso hídrico (mm/ano);

Def = deficiência hídrica (mm/ano); e

ETp = evapotranspiração potencial (mm/ano).

O evapopluviograma é um climograma ajustado ao balanço hídrico, desenvolvido para estudar as condições climáticas de uma área mais apropriadas para as culturas. Utilizando o sistema de coordenadas ortogonais a evapotranspiração potencial é representada em função da precipitação, assim, obtém-se o evapopluviograma como resultado.

O diagrama está segmentado em seis setores hídricos, onde os valores pluviais refletem diversos múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, afora de quatro zonas térmicas com valores que refletem as restrições e demandas térmicas da cultura.

Os índices: hídrico (I_h), vegetação (I_v), repouso por seca (I_{rs}) e repouso por frio (I_{rf}), foram calculados através das Equações 5, 6, 7 e 8 (Medeiros 2022).

I_h = NºP*V (5)

I_v = NºP*V (6)

I_{rs} = NºP*V (7)

I_{rf} = NºP*V (8)

Onde:

I_h = índice hídrico;

I_v = índice de vegetação;

I_{rs} = índice de repouso por seca;

I_{rf} = índice de repouso por frio;

Nº P = quantidade de pontos no evapopluviograma dentro de cada setor hídrico e faixa térmica; e

V= valor dos I_h, I_v, I_{rs} e I_{rf} dentro de cada setor hídrico e faixa térmica no evapopluviograma.

Aplicou-se os valores dos índices a Tabela 2, visando aferir a aptidão climática da área em estudo, avaliando as culturas do feijão e milho em aptidão plena, aptidão moderada, aptidão restrita e inapta.

Tabela 2: Resumo climático das aptidões agroclimática das culturas feijão, arroz e mandioca, do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba (Ometto, 1981).

Feijão	**Plena** **Moderada** **Restrita** **Inaptidão**	**→ $I_v > 30$; $1 < I_{rs} < 5$ Def < 20mm; $T_a > 22ºC$** **→ $25 < I_v < 30$** **→ C> 20mm;$T_a > 22ºC$** **→ $2 < I_v < 25$** **→ $I_v < 20$; Def > 20mm**	**Melhores condições climáticas para o desenvolvimento da cultura** **Período vegetativo curto** **Aptidão plena para variedades precoces** **Deficiência hídrica acentuada, necessitando suprimento d'água por irrigação** **Cultivo inapropriado por insuficiência hídrica acentuada. Cultivo possível apenas com irrigação**
Milho	Plena Moderada Restrita Inaptidão	→ $40 < I_v < 60$ Def > 0; T > 19ºC → $30 < I_v < 40$ Def 0; Exc < 500mm → $I_v < 20$ →I_h>-10;Def> 100mm; Exc < 500mm	• Condições hídricas e térmicas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura • Pequena insuficiência hídrica no período vegetativo, com umidade excessiva na maturação • Deficiência hídrica severa para o desenvolvimento da cultura, ou insuficiência térmica • Deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do milho

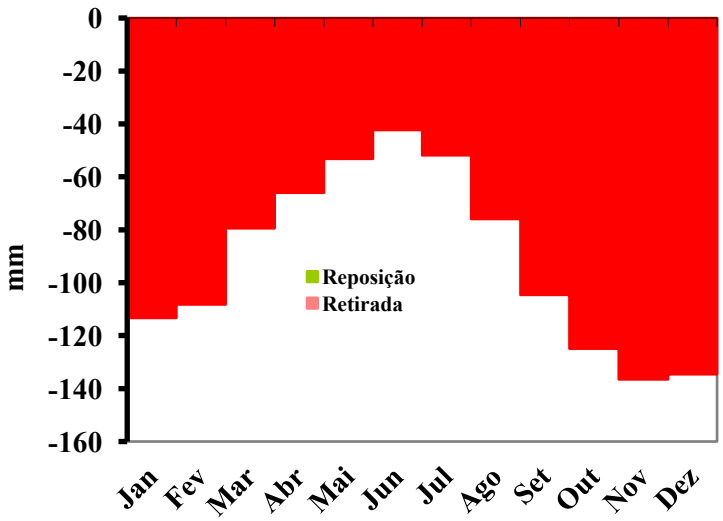
Legenda: P - Aptidão plena; M – Moderada; R – restrita; I – Inaptidão; D – Deficiência hídrica; E – Excesso hídrico; Ih -Índice hídrico anual proveniente do BH; Iv – Índice de vegetação; Irs – Índice de repouso por seca; Isv – Índice de seca na vegetação; T – Temperatura média anual.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados do balanço hídrico, evapopluviograma, índices e a aptidão agroclimática para as culturas do feijão e milho no Povoado Ribeira de Cabaceiras, foram organizados e apresentados em tabelas e gráficos para melhor compreensão e entendimento. Toda via, os resultados alcançados foram explicados com base na literatura, destacando as similaridades com outros estudos.

No gráfico do balanço hídrico do período 2010 – 2023 (figura 2), do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, registrou deficiências hídricas moderada a intensa em todos os meses estudados, tais resultados corroboram com os estudos referenciados por Cunha Filho et al, (2024).

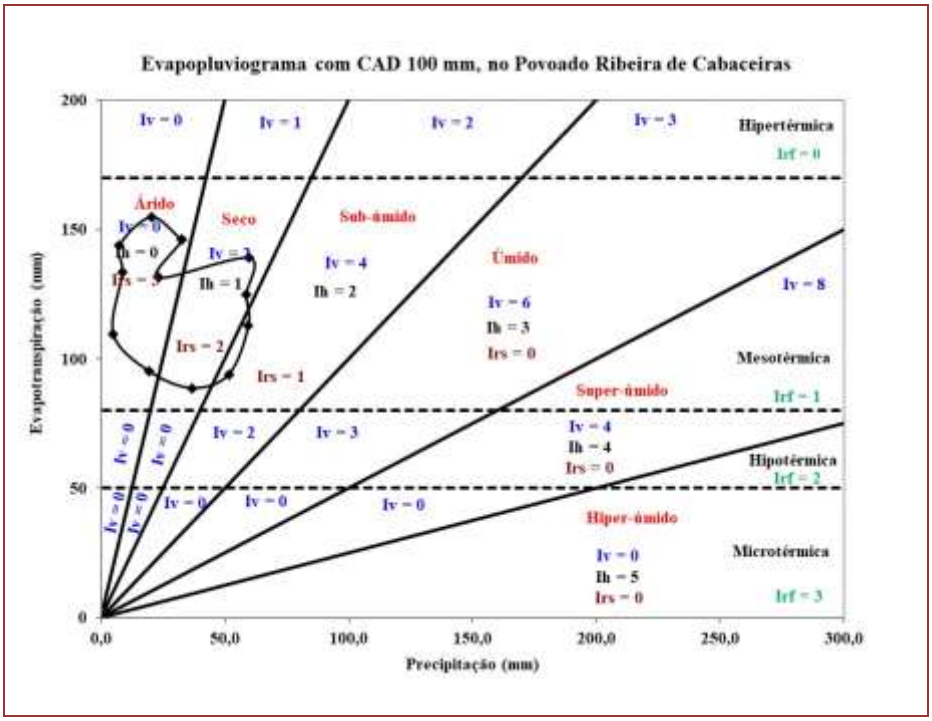
Figura 2: Gráfico do balanço hídrico do período 2010 – 2023, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba,



Fonte: Medeiros (2026).

O evapopluviograma com os setores hídricos e faixas térmicas para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, encontra-se na Figura 3.

Figura 3: Evapopluviograma com os setores hídricos e as zonas térmicas do período 2010 – 2023, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba,



Fonte: Medeiros (2026).

O índice I_h representa as condições hídricas predominantes no decorrer do ano, incluindo os períodos de seca e chuva; I_v reflete a capacidade vegetativa da região,

baseada nas condições térmicas e hídricas disponíveis, e representa um índice de vegetação para cada local (Araújo et al., 2019). O I_{rs} sinaliza a existência e a severidade da seca fora da época de crescimento das plantas; já o Irf corresponde às condições de temperatura inadequadas para o incremento normal das cultivares, a temperatura anual (T), a deficiência hídrica anual (DEF), o excesso hídrico anual (EXC), foram comparados com a Tabela 2 para avaliar a aptidão agroclimática do feijão e milho, assim, foram alcançados os resultados expostos na Tabela 3.

Observa-se no evapopluviograma que a interação precipitação versus evapotranspiração ao longo do ano encontra-se dentro da faixa Mesotérmica, onde de maio a julho, tem-se os climas subúmido e seco e para os demais meses está inserido no setor árido. A disposição da evapotranspiração potencial e precipitação pluvial no evapopluviograma, resultando nas quatro zonas térmicas e nos seis setores de hídricos, são instrumentos eficientes para a caracterização do clima de uma região específica para a exploração de uma determinada cultura (Alves, 2013).

Os resultados do evapopluviograma, tipos de clima, os valores dos índices e do balanço hídrico, estão representados na tabela 3.

Tabela 3: Tipos de clima mensais registrado no Evapopluviograma, seguidamente dos valores anuais do balanço hídricos.

Meses	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	Nov	dez
Clima	A	A	A	S	SU	SU	S	A	A	A	A	A
Índices	Iv	Irs	Irf	Cv	T	P	ETp	Def	Exc			
Valores	48	8	1	30,1	25,6	382,9	1473,7	1090,8	0,0			

Legenda A = Árido; S = Seco; S = Subúmido.

Fonte: Medeiros (2026).

Na área estudada registrou-se as variabilidades, temperatura média anual de 25,6 ºC, a precipitação total de 382,9 mm, evapotranspirou 1473,7 mm, evapotranspiradas 384,8% o valor anual pluvial, não se registou retirada e reposição de água do solo, deficiência hídrica anual de 1090,8 mm, não foram detectados excedentes hídricos,

O valor da temperatura encontra-se dentro da faixa ideal para o cultivo das principais culturas trabalhadas, pois estas demonstram um bom desenvolvimento fisiológico em temperaturas entre 18 ºC a 34 ºC. O acréscimo térmico e a redução pluvial resulta em maior perda de água por evapotranspiração, aumento do déficit de água e menor excesso de água no solo durante a quadra chuvosa regional.

As precipitações registradas foram classificadas como abaixo da evapotranspiração, não sendo adequadas para a produção agrícola de sequeiro e contribuindo pouco para o armazenamento de água no solo, tornando necessário o fornecimento de água para os plantios por meio da irrigação (Medeiros et al., 2015).

A aptidão agroclimática para o cultivo de feijão é moderada, possui aptidão plena para as variedades precoces e super precoces, enquanto que, para variedades médias e tardias podem ter seu desenvolvimento e produção limitado pelo déficit de água no solo. Para a cultura do milho a aptidão do milho é inapta em função da deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do milho.

Verifica-se que nesta região a deficiência hídrica é o principal fator limitante ao desenvolvimento e produtividade das culturas. Esses resultados corroboram com Medeiros et al. (2015) os quais relatam que a exploração das culturas nesta região é limitada pelo déficit de água no solo.

CONCLUSÃO

A aptidão agroclimática para o cultivo de feijão é moderada e inapta para produção de milho.

O desenvolvimento e produtividade das culturas nesta região é limitada principalmente pelo déficit de água no solo.

O planejamento agrícola como época de semeadura, uso de variedades precoces e super precoces é essencial para alcançar máxima produtividade.

Os resultados podem ser utilizados pelos produtores para planejar os cultivos de feijão e milho, com uso da irrigação e ainda, servir de base para que a comunidade acadêmica e cientifica possam replicar o estudo para outras regiões do Brasil.

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2024).

[2] ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Viena -AT, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

[3] ALVES, T.L.B.; AZEVEDO, P.V.; Caracterização agroclimática para a microbacia hidrográfica do Riacho Namorado, São João do Cariri-PB. XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Centro de eventos Benedito Nunes, Anais..., Belém – PA, 2013.

[4] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1), p. 140-147.

[5] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. 1994. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 8*, 1994. Belo Horizonte, Anais..., Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157.

[6] DUARTE, J.F.M.; MEDEIROS, R,M.; MENEZES, H.E.A. Aptidão agroclimática de culturas anuais e perenes no município de Recife-PE, Brasil Rev. Ciênc. Agroamb.v.18, n.1, 2020.

[7] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

[8] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm

[9] MEDEIROS, R.M.; AZEVEDO, P.V.; SABOYA, L.M.F. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante - PI. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 7, n. 2, p. 170-180, 2013.

[10] MEDEIROS, R.M.; MATOS, R.M.; SILVA, P.F.; SILVA, J.A.S. Caracterização climática e diagnóstico da aptidão agroclimática de culturas para Barbalha – CE. Enciclopédia Biosfera, v. 11, n. 21, p. 461-476, 2015.

[11] MEDEIROS, R.M. Estudo agrometeorológico para o Estado da Paraíba. Distribuição avulsa, p.165. 2018.

[12] MENEZES, H.E.A.; BRITO, J.I.B.; SANTOS, C.A.C.; SILVA, L.L. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, n. 2, 152-161, 2008.

[13] OLIVEIRA, P.T.; SANTOS E SILVA, C.M.; LIMA, K.C. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. Clima e condições climáticas extremas. Volume 45, Setembro de 2024 , 100711

[14] OMETTO, J.C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ceres, 1981.

[15] SANTOS, D.C.; SANTOS, C.A.G.; BRASIL NETO, R.M.; SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.C. Climate Dynamics, 2023. Precipitation variability using GPCC data and its relationship with atmospheric teleconnections in Northeast Brazil. Clima e condições climáticas extremas Volume 45, Setembro de 2024 , 10071.

[17] SINGH, P.K.; PARRY, F.A.; PARVEEN, K.; NARAYAN, S.; AMIN, A.; VAIDYA, A. Precision farming and its role in vegetable production. International Journal of Current Research, v. 3, n. 4, p. 74-81, 2011.

[18] THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

[19] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, N.J. Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, n. 1).

[20] UNESCO. Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies, Mexico City, 26 July - 6 August, 1982.

[21] VALENTE, D.S.M.; QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C.; SANTOS, N.T.; SANTOS, F.L. Definition of management zones in coffee production fields based on apparent soil electrical conductivity. Scientia Agricola, v. 69, p. 173-179, 2012.

Capítulo 19

Aptidao agroclimática do milho e sorgo para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, Brasil

Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Raimundo Mainar de Medeiros
Mayra Gislayne Melo de Lima
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Cristiano José da Silva
Rita de Cassia Cunha Saboya
Romildo Morant de Holanda

Resumo: Com o crescimento e expansão da população, torna-se necessário a busca por terra férteis e produtivas, as quais se avalia o potencial de produção agrícola a sua aptidão agroclimática de risco das culturas milho e sorgo para uso sustentável da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras. Utilizaram-se dos dados climáticos térmicos e pluviais para realizar o cômputo do balanço hídrico, evapopluviograma, índices agroclimáticos, e determinar aptidão agroclimática do feijão e milho para a região de Ribeira de Cabaceiras, haja vista a importância dessa atividade para subsistência de famílias tradicionais, e também como herança cultural da região. Essas culturas são importantes na composição de silagem e rações, sendo a principal fonte de energia na dieta de rebanhos bovinos, caprinos, ovinos e na avicultura, e para alimentação humana. A silagem de sorgo e o pastejo são igualmente utilizados para rebanhos de corte e de leite. A distribuição temporal da precipitação média anual apresentou variabilidade espacial em que as chuvas se concentraram no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano, devido à orografia da área. O desenvolvimento e produtividade das culturas nesta região é limitada principalmente pelo déficit de água no solo, a ajuda da irrigação é de fundamental para as culturas. O planejamento agrícola como época de semeadura, uso de variedades precoces e super precoces é essencial para alcançar máxima produtividade

Palavras-chave: Zoneamento Agroclimático; Produção agrícola;

INTRODUÇÃO

Segundo (Lambin et al., 2010; Benedetti et al., 2008) as informações dos recursos naturais e seus aspectos como: clima, solos, relevo e vegetação, compõe parte do fundamento indispensável para a avaliação do potencial de uso da terra. Estas informações, ajustadas aos contextos socioeconômicos e culturais, alteram à probabilidade de análise, das restrições e dos seus impactos unidos ao uso da terra. Sendo assim, é admissível identificar áreas de maior ou menor aptidão para as mais diversas atividades agrícolas, além do seu uso nos recursos naturais, visando benefícios coletivos

A agricultura é uma das grandes atividades econômica dependente, em grande parte, do meio físico e ambiental. Uma área territorial exibe várias sub-regiões com condições distintas de clima e solo, onde ocorrem diferentes aptidões para produzir produtos agrícolas (Balkrishna et al., 2021; Jalloh et al., 2012; Shahbazi et al., 2010).

O acompanhamento dos índices climáticos e dos padrões espaciais de circulação atmosférica pode auxiliar na previsão de extremos chuvosos em diversas áreas do Globo, bem como na prevenção dos impactos associados aos desastres naturais hidrológicos. Projeções futuras mostram um aumento do risco de inundações e enchentes urbanas, causadas pelas mudanças no ciclo hidrológico, justamente em áreas com vulnerabilidade prévia a este tipo de desastre (IPCC, 2021; IPCC, 2022).

Conforme os autores (Tugrul, 2020; Oberč et al., 2020) o uso apropriado do solo é a condição primordial para que se tenha uma agricultura sustentável, para tanto, deve-se concentrar o manejo dos solos conforte sua aptidão de sustentação e produtividade econômica (Wang, 2022; Cui et al., 2019).

O Governo Federal tem como importante instrumento de política agrícola, o zoneamento agrícola, que proporciona aumento de produtividade das lavouras zoneadas, atuando como instrumento de política agrícola (Sans et al., 2006). Constitui um importante subsídio às atividades que dependem direta ou indiretamente do meio ambiente, e dos potencial agrícola para estabelecimento de culturas, minimizando riscos causados por adversidades e definindo desenvolvimento de melhores políticas agrícolas, financiamento, resultando em maior produção (Zhao et al., 2018; Assad, 2009; Monteiro, 2009).

Em toda extensão territorial brasileira, o milho (Zea mays L.) é cultivado, destacando-se das demais culturas e ocupando assim a segunda maior área cultivada do país (CONAB, 2007). No Brasil, o milho constitui uma das principais culturas agrícolas. De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE, 2015), a produção nacional de grãos no ano de 2014 foi de aproximadamente 79 milhões de toneladas. Conforme Silva et al. (2012), essa cultura é importante na composição de silagem e rações, sendo a principal fonte de energia na dieta de rebanhos bovinos, caprinos, ovinos e na avicultura, e também para alimentação humana.

A cultura do milho apresenta pouca tolerância à falta de água. Cultivado em diversos sistemas produtivos, o milho é plantado principalmente nas regiões do Centro-Oeste, Sudeste e Sul. No Nordeste do Brasil os rendimentos da cultura são muito baixos, cultivado por pequenos agricultores que utilizam pouco ou nenhum recurso tecnológico. Entretanto, apesar dos baixos rendimentos, o milho é um cereal tradicional e apresenta aspectos culturais e históricos na região (Barros et al., 2012).

A irregularidade pluviométrica torna o cultivo agrícola de sequeiro uma atividade de alto risco. Com isso, semiárido brasileiro possui sua capacidade produtiva limitada, por causa das características intrínsecas em relação à vegetação, clima e solo (Cavalcanti et al., 2001).

Quanto ao clima, os fatores que afetam o crescimento da cultura de milho variam com a região. Nas regiões temperadas e subtropicais, a limitação maior se deve à temperatura do ar e a radiação solar. No Nordeste, destacam-se a precipitação, a temperatura e a evapotranspiração, pois afetam as atividades fisiológicas, interferindo diretamente na produção de grãos e de matéria seca (Silva et al., 2012).

Pela continentalidade do Brasil, observa-se que os fatores que afetam o crescimento da cultura de milho variam com a região. Nas regiões temperadas e subtropicais, a maior limitação se deve à temperatura do ar e a radiação solar. No Nordeste destacam-se a precipitação, a temperatura e a evapotranspiração da cultura. A radiação solar, a precipitação e a temperatura são os fatores de maior influência no desenvolvimento do milho, afetam as atividades fisiológicas que interferem diretamente na produção de grãos e de matéria seca (EMBRAPA, 1996; Barros et al., 2012).

De acordo com Bevilacqua (2012), a radiação solar é essencial para o desenvolvimento do milho, pois sem este o processo fotossintético é inibido e consequentemente ocorre redução na produção (Maldaner et al., 2014).

O milho é cultivado em regiões com precipitação desde 400mm anuais, caso do semiárido nordestino, com baixíssimos rendimentos, a valores superiores a 1.500mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pelo milho durante o seu ciclo está em torno de 600 a 800 mm (Aldrich et al., 1982), consistindo em uma das culturas mais afetadas pela variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica.

A produção de grãos é drasticamente afetada por períodos curtos de estiagem (veranicos), principalmente quando ocorre nas fases críticas do estádio de desenvolvimento da cultura, do pendoamento e da fase de enchimento de grãos. Portanto, conhecer os períodos de escassez hídrica consecutivos é fundamental na delimitação das áreas com aptidão climática para a cultura (Barros et al., 2012).

A cultura está entre as de maior consumo de água. A deficiência hídrica na planta é quase diária, em função da alta demanda evaporativa da atmosfera, notadamente nas regiões tropicais, onde as taxas de transpiração são elevadas. Nos dias mais quentes, a planta perde mais água do que consegue absorver, mesmo em condições de disponibilidade de água no solo. A escassez hídrica na planta afeta todos os processos relacionados com seu desenvolvimento (Taiz et al., 2004).

O sorgo é uma planta de origem tropical, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas, exigindo, por isso, um clima quente para poder expressar seu potencial de produção (MAPA, 2014). A cultura, com características xerófilas, é considerada tolerante a períodos secos, notadamente em regiões do Nordeste do Brasil (Tabosa et al., 2002). De acordo com Barros et al. (2012), nos Estados da região Nordeste, em função da irregularidade no regime de chuvas, o cultivo do sorgo é realizado durante a estação chuvosa, período curto e com distribuição irregular, caracterizado, ainda, pela ocorrência de veranicos, com 15 a 20 dias sem chuvas. As condições climáticas durante o desenvolvimento e o crescimento da cultura são importantes para a qualidade do produto e produção final.

A cultura do sorgo exige em torno de 300 a 400mm de precipitação pluviométrica, distribuídos regularmente durante o seu ciclo de crescimento e desenvolvimento para que se alcancem níveis de produtividade satisfatórios, sem a necessidade de irrigação suplementar. A cultura tolera ocorrências de deficiência hídrica, inclusive pequenos veranicos, sendo considerada resistente à seca. As fases fenológicas críticas da cultura correspondem ao estádio de plântula e no florescimento, sendo importante nessas épocas um adequado nível de suprimento de água para uma boa produção (Tabosa et al., 2002; Barros et al., 2012).

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014) a temperatura do ar ótima para o desenvolvimento da cultura varia com a cultivar. A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requer temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento, não suportando, normalmente, temperaturas abaixo de 16°C, sendo que temperaturas superiores a 38°C também reduzem a produtividade. Apesar de resistente à seca, a ocorrência de déficits hídricos, principalmente na fase de florescimento e de enchimento de grãos, pode provocar redução acentuada na produção.

O sorgo é uma cultura que, no contexto da agropecuária brasileira, vem se destacando a cada dia, por ser uma gramínea bastante energética, com alta digestibilidade, produtividade e adaptação a ambientes secos e quentes. A planta é utilizada para silagem ou corte verde, para pastejo e os grãos, em rações animais e podendo ser usada para o consumo humano (Buso et al., 2011).

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático contém os parâmetros edafoclimáticos utilizados para cada cultura na região estudada e leva em consideração a análise de séries climáticas históricas de no mínimo 15 anos correlacionadas ao ciclo de maturação fisiológica dos cultivares e ao tipo de solo conforme sua capacidade de retenção de água, de modo a minimizar os riscos e evitar que adversidades climáticas coincidam com a fase mais sensível das culturas (MAPA, 2008). Francisco et al. (2011) e Francisco e Santos (2017) utilizaram a metodologia para os municípios de Picuí e São João do Cariri, respectivamente e obtiveram bons resultados no mapeamento e na distribuição das áreas indicadas e não indicadas ao cultivo.

Tem-se como objetivo avaliar o potencial de produção agrícola a sua aptidão agroclimática de risco das culturas milho e sorgo para uso sustentável da área do Povoado Ribeira de Cabaceiras.

MATERIAL E MÉTODO

O município de Cabaceiras limita-se com São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista, localiza-se em 7º43'S e 36º36'W; e com 391 metros, de altitude (AESA 2025).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.

Fonte: Medeiros (2026).

Conforme a metodologia de Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura (22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al, (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

A concretização do cômputo do balanço hídrico fundar-se na série de dados climáticos de precipitação (P) e temperatura média do ar (Tm), compreendendo o período de 2010 – 2023, as séries térmicas e pluviais, passaram pelo sistema de consistência e homogeneização.

O programa Estima_T, do núcleo de meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, foi empregado para estimar a temperatura média do ar no Povoado Ribeira de Cabaceiras. Este programa emprega o método da reta de regressão múltipla para calcular a temperatura média do ar (Cavalcanti et al., 2006). foram utilizados dados climáticos térmicos e pluviais para realizar o cômputo do balanço hídrico, evapopluviograma, índices agroclimáticos, e determinar aptidão agroclimática do feijão e milho para a região de Ribeira de Cabaceiras, haja vista a importância dessa atividade para subsistência de famílias tradicionais, e também como herança cultural da região.

A metodologia proposta por Thornthwaite (1948); Thornthwaite et al, (1955) para a avaliação do balanço hídrico, foi computar o balanço de água através da entrada, armazenamento e liberação de água do solo da área em estudo. Segundo a metodologia, a pluviometria acarreta acréscimo, enquanto a evapotranspiração reduz a umidade do solo.

Estabeleceu-se o período em que se registra excesso e deficiências de água no solo e calculou-se a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A evapotranspiração potencial (ETp) foi verificada segundo a Equação 1.

$$ETp = Fc*16*[10*T/I]^{a} \quad (1)$$

Onde:

ETp = evapotranspiração potencial (mm ano^{-1});

Fc = fator de correção (Tabela 1);

T = temperatura média do ar (°C);

I = índice de calor anual, representa a soma dos índices mensais; e

a = função cúbica do índice de calor anual, é determinada como a seguir:

$a = 6{,}75*10\text{-}7*I^{3}\text{-}7{,}71*10\ 5*I^{2}+0{,}01791*I+0{,}492.$

Thornthwaite (1948) utilizou-se da sua metodologia e determinou os fatores de correção (Fc) para cada mês do ano de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Fatores de correção (Fc) para cada mês do ano.

Fator de correção – fc											
jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fonte; Unesco (1982).

Com os dados térmicos e pluviais e de acordo com a metodologia de Thornthwaite (1948) estimaram-se os índices hídrico (I_h), de aridez (Ia) e umidade (Iu), dadas pelas Equações 2, 3 e 4.

$$I_h = 100(Exc/ETp) \quad (2)$$

$$I_a = 100(DEF/ETp) \quad (3)$$

$$I_u = I_h - (0{,}6 * I_a) \quad (4)$$

Onde:

I_h = índice hídrico (%);

I_a = índice de aridez (%);

I_u = índice de umidade (%);

Exc = excesso hídrico (mm/ano);

Def = deficiência hídrica (mm/ano); e

ETp = evapotranspiração potencial (mm/ano).

O evapopluviograma é um climograma ajustado ao balanço hídrico, desenvolvido para estudar as condições climáticas de uma área mais apropriadas para as culturas. Utilizando o sistema de coordenadas ortogonais a evapotranspiração potencial é representada em função da precipitação, assim, obtém-se o evapopluviograma como resultado.

O diagrama está segmentado em seis setores hídricos, onde os valores pluviais refletem diversos múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, afora de quatro zonas térmicas com valores que refletem as restrições e demandas térmicas da cultura.

Os índices: hídrico (I_h), vegetação (I_v), repouso por seca (I_{rs}) e repouso por frio (I_{rf}), foram calculados através das Equações 5, 6, 7 e 8 (Medeiros 2022).

I_h = NºP*V (5)

I_v = NºP*V (6)

I_{rs} = NºP*V (7)

I_{rf} = NºP*V (8)

Onde:

I_h = índice hídrico;

I_v = índice de vegetação;

I_{rs} = índice de repouso por seca;

I_{rf} = índice de repouso por frio;

Nº P = quantidade de pontos no evapopluviograma dentro de cada setor hídrico e faixa térmica; e

V= valor dos I_h, I_v, I_{rs} e I_{rf} dentro de cada setor hídrico e faixa térmica no evapopluviograma.

Aplicou-se os valores dos índices a Tabela 2, visando aferir a aptidão climática da área em estudo, avaliando as culturas do feijão e milho em aptidão plena, aptidão moderada, aptidão restrita e inapta.

Tabela 2: Resumo climático das aptidões agroclimática das culturas feijão, arroz e mandioca, do Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba (Ometto, 1981).

Feijão	Plena	→ $I_v > 30$; $1 < I_{rs} < 5$ Def < 20mm; $T_a > 22$ºC	⇨ Melhores condições climáticas para o desenvolvimento da cultura
	Moderada	→ $25 < I_v < 30$ → C> 20mm;$T_a > 22$ºC	⇨ Período vegetativo curto ⇨ Aptidão plena para variedades precoces
	Restrita	→ $2 < I_v < 25$	⇨ Deficiência hídrica acentuada, necessitando suprimento d'água por irrigação
	Inaptidão	→ $I_v < 20$; Def > 20mm	⇨ Cultivo inapropriado por insuficiência hídrica acentuada. Cultivo possível apenas com irrigação
Milho	Plena	→ $40 < I_v < 60$ Def > 0; T > 19ºC	⇨ Condições hídricas e térmicas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura
	Moderada	→ $30 < I_v < 40$ Def 0; Exc < 500mm	⇨ Pequena insuficiência hídrica no período vegetativo, com umidade excessiva na maturação
	Restrita	→ $I_v < 20$	⇨ Deficiência hídrica severa para o desenvolvimento da cultura, ou insuficiência térmica
	Inaptidão	→I_h>-10;Def> 100mm; Exc < 500mm	⇨ Deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do milho

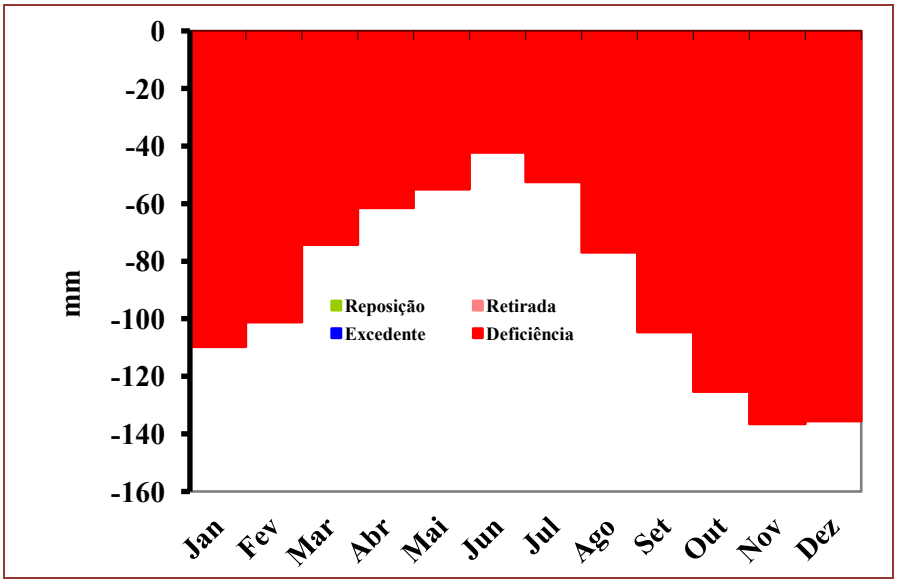
Legenda: P - Aptidão plena; M – Moderada; R – restrita; I – Inaptidão; D – Deficiência hídrica; E – Excesso hídrico; Ih -Índice hídrico anual proveniente do BH; Iv – Índice de vegetação; Irs – Índice de repouso por seca; Isv – Índice de seca na vegetação; T – Temperatura média anual.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados do balanço hídrico, evapopluviograma, índices e a aptidão agroclimática para as culturas do milho e sorgo da área em estudo, foram organizados e apresentados em tabelas e gráficos. Toda via, os resultados alcançados foram explicados com base na literatura, destacando as similaridades com outros estudos.

No gráfico do balanço hídrico do período 2010 – 2024 (figura 2), do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, registrou deficiências hídricas moderada a intensa em todos os meses estudados, tais resultados corroboram com os estudos referenciados por Cunha Filho et al, (2024).

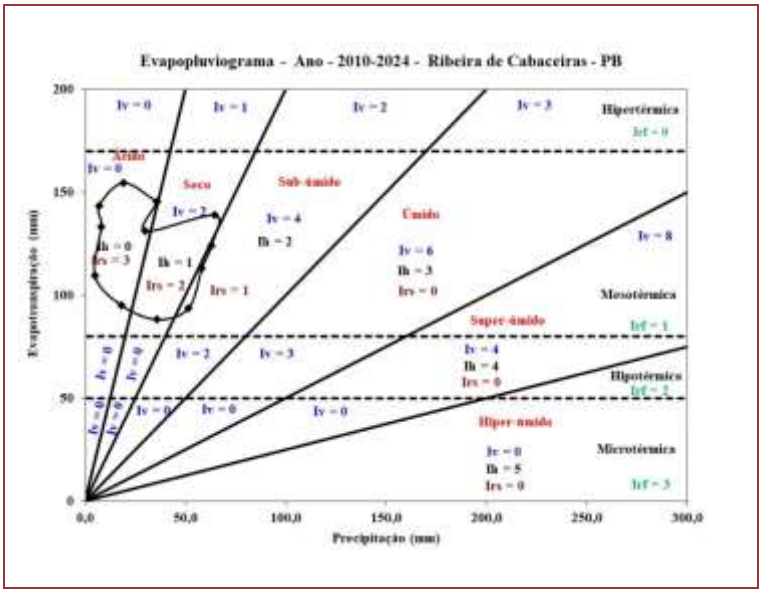
Figura 2: Gráfico do balanço hídrico do período 2010 – 2024, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba,



Fonte: Medeiros (2026).

O evapopluviograma com os setores hídricos e faixas térmicas para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, encontra-se na Figura 3.

Figura 3: Evapopluviograma com os setores hídricos e as zonas térmicas do período 2010 – 2024, do Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba,



Fonte: Medeiros (2026).

O índice I_h representa as condições hídricas predominantes no decorrer do ano, incluindo os períodos de seca e chuva; I_v reflete a capacidade vegetativa da região, baseada nas condições térmicas e hídricas disponíveis, e representa um índice de vegetação para cada local (Araújo et al., 2019). O I_{rs} sinaliza a existência e a severidade da seca fora da época de crescimento das plantas; já o Irf corresponde às condições de temperatura inadequadas para o incremento normal das cultivares, a temperatura anual (T), a deficiência hídrica anual (DEF), o excesso hídrico anual (EXC), foram comparados com a Tabela 2 para avaliar a aptidão agroclimática do feijão e sorgo, expostos na Tabela 3.

Observa-se no evapopluviograma que a interação precipitação versus evapotranspiração ao longo do ano encontra-se dentro da faixa Mesotérmica, onde de abril a julho, tem-se os climas subúmido e seco e para os demais meses está inserido no setor árido. A disposição da evapotranspiração potencial e precipitação pluvial no evapopluviograma, resultando nas quatro zonas térmicas e nos seis setores de hídricos, são instrumentos eficientes para a caracterização do clima de uma região específica para a exploração de uma determinada cultura (Alves, 2013).

Os resultados do evapopluviograma, tipos de clima, os valores dos índices e do balanço hídrico, estão representados na tabela 3.

Tabela 3: Tipos de clima mensais registrado no Evapopluviograma, seguidamente dos valores anuais do balanço hídricos.

Meses	jan	fev	mar	abr	Mai	jun	jul	ago	set	out	Nov	dez
Clima	A	A	S	SU	SU	SU	S	A	A	A	A	A
Índices	Iv	Irs	Irf	Cv	T	P	ETp	Def	Exc			
Valores	10	6	1	14,7	25,6	395,6	1475,3	1075,3	0,0			

Legenda A = Árido; S = Seco; S = Subúmido.

Fonte: Medeiros (2026).

Temperatura média anual de 25,6 ºC, a precipitação total de 395,6 mm, evapotranspirou 1475,3 mm, evapotranspiradas 394,2% do valor anual pluvial, não se registou retirada e reposição de água do solo, deficiência hídrica anual de 1075,3 mm, não detectou-se excedentes hídricos.

O valor da temperatura encontra-se dentro da faixa ideal para o cultivo das principais culturas trabalhadas, pois estas demonstram um bom desenvolvimento fisiológico em temperaturas entre 18 ºC a 34 ºC. O acréscimo térmico e a redução pluvial resulta em maior perda de água por evapotranspiração, aumento do déficit de água e menor excesso de água no solo durante a quadra chuvosa regional.

As precipitações registradas foram classificadas como abaixo da evapotranspiração, não sendo adequadas para a produção agrícola de sequeiro e contribuindo pouco para o armazenamento de água no solo, tornando necessário o fornecimento de água para os plantios por meio da irrigação (Medeiros et al., 2015).

A aptidão agroclimática para o cultivo de feijão é moderada, possui aptidão plena para as variedades precoces e super precoces, enquanto que, para variedades médias e tardias podem ter seu desenvolvimento e produção limitado pelo déficit de água no solo. Para a cultura do milho a aptidão do milho é inapta em função da deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do milho.

Verifica-se que nesta região a deficiência hídrica é o principal fator limitante ao desenvolvimento e produtividade das culturas. Esses resultados corroboram com Medeiros et al. (2015) os quais relatam que a exploração das culturas nesta região é limitada pelo déficit de água no solo.

CONCLUSÃO

Essas culturas são importantes na composição de silagem e rações, sendo a principal fonte de energia na dieta de rebanhos bovinos, caprinos, ovinos e na avicultura, e para alimentação humana. A silagem de sorgo e o pastejo são igualmente utilizados para rebanhos de corte e de leite,

A distribuição temporal da precipitação média anual apresentou variabilidade espacial em que as chuvas se concentraram no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano, devido à orografia da área.

O desenvolvimento e produtividade das culturas nesta região é limitada principalmente pelo déficit de água no solo, a ajuda da irrigação é de fundamental para as culturas,

O planejamento agrícola como época de semeadura, uso de variedades precoces e super precoces é essencial para alcançar máxima produtividade.

São recomendadas algumas práticas de manejo que favoreçam a umidade disponível das terras, tais como ajustamento do período do plantio e cultivo das culturas à época de chuvas; seleção de culturas e cultivares mais adaptadas à falta d'água; uso de práticas que assegurem a máxima retenção de água no solo como incorporação de restos vegetais e cobertura do solo assegurando a máxima infiltração e mínima evaporação.

REFERÊNCIAS

[1] AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2025. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br.

[2] ASSAD, E. D. Metodologias para zoneamento de riscos climáticos no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11, Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 2, 1999,

[3] Florianópolis. Anais...Florianópolis: SBA, 1999.

[4] BALKRISHNA, A.; SHARMA, G.; SHARMA, N. KUMAR, P.; MITTAL, R.; PARVEEN, R.Global Perspective of Agriculture Systems: From Ancient Times to the Modern Era. In:BALKRISHNA, A. (ed) Sustainable Agriculture for Food Security. 1.a ed. Apple Academic Press, 2021. 43p.

[6] BENEDETTI, M. M.; SPAROVEK, G.; COOPER, M.; CURI, N.; CARVALHO FILHO, A.DE. Representatividade e potencial de utilização de um banco de dados de solos do Brasil.Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.2591-2600, 2008.

[7] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1), p. 140-147.

[8] CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. 1994. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, *8*, 1994. Belo Horizonte, Anais..., Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157.

[9] CUI, G.; ZHANG, X.; ZHANG, Z.; CAO, Y.; LIU, X. Comprehensive Land Carrying Capacities of the Cities in the Shandong Peninsula Blue Economic Zone and their Spatio-Temporal Variations. Sustainability, v.11, n.2, e439, 2019.

[10] IPCC, (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Issaka, S., Ashraf, M.A., 2017. Impact of soil erosion and degradation on water qua-lity: a review. Geol. Ecol. Landscapes. 1 (1), 1–11. https://doi.org/10.1080/ 24749508.2017.1301053.

[11] IPCC, (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

[12] JALLOH, A.; MACAULEY, H. R.; SEREME, P. Major agro-ecosystems of West and Central Africa: Brief description, species richness, management, environmental limitations and concerns. Agriculture, Ecosystems & Environment, v.57, p.5-16, 2012.

[13] KÖPPEN, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

[14] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm

[15] LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. Land Use Policy, v.27, n.2, p.108-118, 2010.

[16] MEDEIROS, R.M. Estudo agrometeorológico para o Estado da Paraíba. Distribuição avulsa, p.165. 2022.

[17] MONTEIRO, J. E. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola.

[18] Brasília, DF: INMET, 2009. 530p.

[19] OBERČ, B. P.; SCHNELL, A. Approaches to sustainable agriculture. Exploring the pathways towards the future of farming. Brussels, Belgium: IUCN EURO. 2020. 92p.

[20] SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P.; AVELLAR, G. DE; FARIA, C. M. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho no Estado da Paraíba. EMBRAPA, Zoneamento de Riscos Agrícolas do Brasil, Monitoramento Agrometeorológico e Previsão de Safras. 2002. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490414/1/Circ82.pdf.

[21] SHAHBAZI, F.; ROSA, D. DE LA. Towards a new agriculture for the climate change Era in West Asia, Iran. In: Climate Change and Variability. SIMARD, S. W.; AUSTIN, M. E. InTech, 2010. 487p.

[22] THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

[23] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, N.J. Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, n. 1).

[24] UNESCO. Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies, Mexico City, 26 July - 6 August, 1982.

[25] TUGRUL, K. M. Soil Management in Sustainable Agriculture. In: HASANUZZAMAM, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; FUJITA, M.; NOGUEIRA, T. A. R. Sustainable Crop Production. Intechopen, 2020. 338p.

[26] WANG, X. Managing Land Carrying Capacity: Key to Achieving Sustainable Production Systems for Food Security. Land, v.11, n.4, e484, 2022.

[27] ZHAO, J.; YANG, X. Distribution of high-yield and high-yield-stability zones for maize yield

[28] potential in the main growing regions in China. Agricultural and Forest Meteorology, v.248, p.511-517, 2018.

Capítulo 20

Povoado Ribeira de Cabaceiras e as flutuações dos veranicos entre 2010 A 2023

Luciano Marcelo Fallé Saboya
Maria Sallydelândia de Farias Araújo
Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
Cristiano José da Silva
Mayra Gislayne Melo de Lima
Rita de Cassia Cunha Saboya
Romildo Morant de Holanda
Raimundo Mainar de Medeiros

Resumo: Veranico por definição é a ausência de chuva dentro do período chuvoso. Determinar e agrupar os intervalos em diferentes classes de veranicos: 5 a 10 dias; 11 a 15 dias; 16 a 20 dias; 21 a 25 dias; 26 a 30 e 31 dias de duração para o Povoado Ribeira de Cabaceiras - Paraíba para a quadra chuvosa. Os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado, reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). na estação chuvosa e seca classificados como: Muito seco (MS), Seco (S), chuvoso (C), muito chuvoso (MC) e normal (N). Utilizou-se do programa "cálculo, determinação e agrupamentos dos intervalos de veranicos em diferentes classes: 5 a 10 dias; 11 a 15 dias; 16 a 20 dias; 21 a 25 dias; 26 a 30 dias e 31 dias de duração", foi desenvolvido em planilhas eletrônicas por Saboya & Medeiros (2024). A ocorrência de veranicos tende a se relacionar de maneira inversamente proporcional com a duração destes veranicos, ou seja, quanto mais veranicos ocorrerem em um determinado ano, menores eles serão, enquanto que se ocorrerem poucos veranicos em um determinado ano, estes terão períodos longos de duração.Com base nos resultados conclui-se que a metodologia utilizada se mostrou eficiente, visto que identificou diversos eventos diferenciados inter anos e meses, o método trabalho possibilitou conhecer os anos (a)típicas as ocorrências do veranico. Com base nos resultados conclui-se que a metodologia utilizada se mostrou eficiente, visto que identificou diversos eventos diferenciados inter anos e meses, o método trabalho possibilitou conhecer os anos (a)típicas as ocorrências do veranico. A maior ocorrência de veranicos com 26 a 30 dias, registrou-se em todos os anos estudados, com maior significâncias, seguidos dos intervalos de 31 dias; de 21 a 24 e de 16 a 20 dias.

Palavras-chave: Riscos climáticos; Ocorrências dias chuva; Análise climática; Veranico; Cariri Paraibano; Semiárido.

INTRODUÇÃO

Conhecer e compreender o procedimento das variações das ocorrências dos veranicos tem significativa importância para os setores agropecuária, socioambiental, socioeconômico e para o ciclo hidrológico da região. Para tanto, no mundo globalizado e de alta competição, torna-se necessário que a agricultura seja praticada de forma intensiva e com alta produtividade.

Segundo Carvalho et al, (1999) a prevenção de episódio de veranicos é de grande significativo para os setores: agropecuária, armazenamento e represamento da água, geração de energia, agricult4ra de sequeiro, familiar, socioeconômicas e irrigação, já que fornece subsídios que auxiliar na maximização do uso eficiente da água nas áreas cultivadas.

França et al, (2022) produziram e agruparam os diferentes intervalos de classes de veranicos: 5 a 10 dias; 11 a 15 dias; 16 a 20 dias; 21 a 25 dias; 26 a 30 e 31 dias de duração para Amparo de São Francisco - Sergipe entre 1964-2020, no período chuvoso correspondente aos meses de abril a julho. Os anos foram classificados como chuvosos, muito chuvosos, secos, muito secos e normais. O dia seco foi definido como aquele que registrou precipitação inferior a 2 mm e o veranico com cinco ou mais dias secos consecutivos. Os maiores episódios de veranicos registraram-se entre os intervalos de 5-10 dias e 11-15 dias de duração, de abril e maio. Os anos com maiores índices pluviométricos apresentaram menor frequência de veranicos, enquanto que nos anos com menor pluviosidade registraram os maiores veranicos. A metodologia permite simular eventos de veranicos com diferentes durações e com alta confiabilidade.

Menezes et al. (2015) averiguaram a analogia dentre a duração, em dias, dos maiores episódios de veranicos, nas produções de milho, fava, mandioca, feijão, arroz, cana-de-açúcar, banana e laranja para Santa Filomena – Piauí. Mostraram que as produções do milho e banana apresentaram relações absolutamente adequadas aos maiores veranicos registrados. A produção de laranja foi inversamente proporcional aos maiores veranicos e as produções de arroz, cana-de-açúcar, fava, feijão e mandioca foram independentes da duração de veranicos.

Para Silva et al, (2009) os veranicos concebem um agravante na consignação da aridez do local ou ambiente, já que seus episódios com dias de chuva sejam inseridos por alguns, e/ou vários, dias sem ocorrência de chuva, normalmente com forte predomino de insolação e, portanto, altas taxas evaporimetricas, registrando prejuízo no desempenho hídrico das plantas e culturas de sequeiro.

Diversos estudos analisam eventos de veranicos pautando aos prejuízos agrícolas (Carvalho et al., 2000; Menezes et al., 2015; Silva et al., 2002;; Fidelis Filho et al., 1998), assim como a aplicação das funções probabilísticas para determinar sua ocorrência e duração, (Hernandez et al., 2003).

Os autores (Menezes et al., 2008; Menezes et al. 2010) mostraram em seus trabalhos para o Estado da Paraíba, que as regiões do Sertão e Alto Sertão Paraibano registaram média de 12,6 e 15,1 dias, consecutivamente, para os máximos períodos de veranicos. Os Estados com maior frequência de veranicos maior de 20 dias foram Piauí, Bahia (Sudoeste baiano) e Minas Gerais (Norte de Minas).

Menezes et al, (2013) estudaram a relação entre a duração, em dias, dos maiores períodos de veranicos e suas contribuições meteorológicas nas produções de batata-doce,

fava, feijão, mandioca, milho, laranja e limão para o município de Matinhas – PB, Resultou-se que as produções de batata-doce, feijão, mandioca, milho, laranja e limão, apresentaram boas respostas, inversamente proporcionais aos maiores veranicos ocorridos; esclareceram que as produções de fava, laranja e limão foram independentes da duração de veranicos

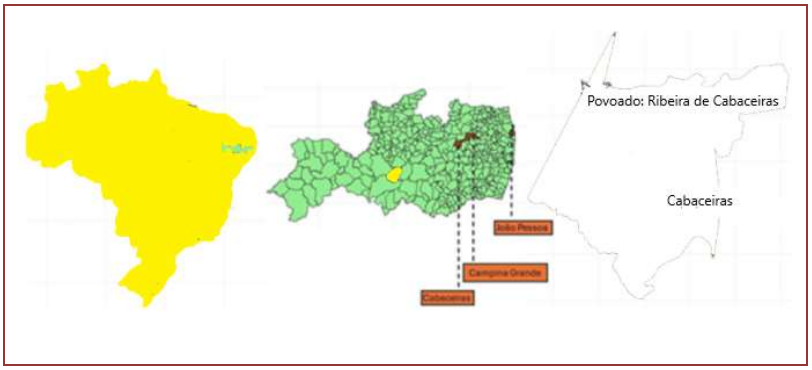
Roldão (2015) analisou a relação entre a produtividade da soja e a ocorrência de veranico no Triângulo Mineiro - MG. Durante a analise registrou-se 3553 veranicos, aonde 2745 foram de duração de 5 a 9 dias. Os autores concluíram que dentre as localidades estudadas, bom percentual ocorreu a correlação negativa, isto é quanto maior a duração do veranico menor a produtividade da soja. Em uma revisão do estudo concluíram que os impactos do veranico na agricultura da região veranico traz contribuições para vários setores de atividade.

Objetiva-se determinar e agrupar os intervalos de veranicos em diferentes classes: 5 a 10 dias; 11 a 15 dias; 16 a 20 dias; 21 a 25 dias; 26 a 30 dias e 31 dias de duração para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba, para o período da quadra chuvosa.

MATERIAL E MÉTODO

O povoado Ribeira de Cabaceiras, achar na Microrregião do Cariri Oriental e na Mesorregião da Borborema, limitando-se com, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista. Tem coordenadas geográficas de 7º43'S e 36º36'W e altitude de 391 metros, (AESA 2025).

Figura 1: Visualização e posicionamento do Povoado Ribeira de Cabaceiras na Paraíba e América do Sul.



Fonte: Medeiros (2026).

Segundo o método de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite et al, (1953), o clima é $C_1A'S_1a'$ (clima seco subúmido, megatérmico com 2,9% da ETP com acentuado excesso no inverno), é do tipo BSH (clima quente de estrepe, temperatura elevada, chuvas esparsas no inverno, temperatura 22ºC) conforme metodologia de Köppen (1928); Köppen et al (1931), o estudo Alvares et al (2014) reconfirma o tipo da classificação descrita.

Os elementos causadores e/ou provocadores de chuva no povoado Ribeira de Cabaceira, seu clima e atinado pela oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), quando da sua atividade mais ao sul do equador, contribuição dos Vórtices Ciclônicos de altos níveis (VCAN), deste que seu centro esteja no oceano, às formações e intensificações das linhas de instabilidade (LI) e dos aglomerados convectivos (AC),

auxiliado pelo2s ventos alísios de nordeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, as contribuições dos efeitos regionais e locais, fatores que incluem a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca em quase todos os meses do ano. (Medeiros 2020).

Os dados pluviais mensais e anuais (mm), alusivo ao período 2010 – 2023, foram interpolados pelo método da Média Ponderada pelo Inverso da Distância ao Quadrado reminiscente dos municípios circunvizinhos, São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (AESA, 2025). na estação chuvosa e seca classificados como: Muito seco (MS), Seco (S), Chuvoso (C), Muito chuvoso (MC) e Normal (N) (Tabela 1).

O programa "cálculo, determinação e agrupamentos dos intervalos de veranicos em diferentes classes: 5 a 10 dias; 11 a 15 dias; 16 a 20 dias; 21 a 25 dias; 26 a 30 dias e 31 dias de duração", foi desenvolvido em planilhas eletrônicas por Saboya & Medeiros (2024).

Tabela 1: Classificação da precipitação segundo o modelo Pinkayan (1966)

Classificação	Classes pluviais
Muito Seco (MS)	P < 267,51
Seco (S)	267,51 < P < 388,27
Normal (N)	388,27 < P < 520,44
Chuvoso (C)	520,44 < P < 729,62
Muito chuvoso (MC)	P > 729,62

Fonte: Pinkayan (1966).

Usou-se para separação dos veranicos os anos com precipitação inferior a 520,4 mm, buscando-se verificar as frequências nos anos classificados muito seco ou muito chuvosos. Portanto, para a classificação dos fenômenos utilizou-se apenas os dados diários do período chuvoso ou quadra chuvosa,

Para a classificação, o dia seco foi definido como aquele que registrou precipitação inferior a 2,0 mm e o veranico como cinco ou mais dias secos consecutivos (Gaia et al., 2017).

Tabela 2: Subdivisão dos tipos de veranicos de acordo Gaia et al, (2017).

Classes	Dias consecutivos sem precipitação
C_1	5 a 10
C_2	11 a 15
C_3	16 a 20
C_4	21 a 25
C_5	26 a 30
C_6	31

Fonte: Gaia et al., (2017).

Utilizou-se dos cálculos dos parâmetros estatísticos básicos (média, desvio padrão e coeficiente de variação) para a precipitação total anual, e geraram-se seus respectivos gráficos.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Para se reconhecer as características e comportamentos de espaços temporais de determinada localidade, é comum o uso da estatística descritiva associada aos indicadores que possibilitem explicar as oscilações das propriedades dos veranicos, tais como, os diferentes tipos de modelos de distribuição de probabilidades: geométrica, binomial negativa, exponencial, modelos mistos, entre tantos outros.

Na Tabela 3 observam-se os totais mensais referentes ao período, as classificações climáticas seguindo o modelo de Pinkayan (1966). Foram registrados 9 anos classificados como muito seco (MS); 1 ano como chuvoso (C); dois anos secos (S); 2 anos classificados com chuva entre a normalidade (N). Estas variabilidades estão em conformidades com os estudos de Marengo et al. (2011); Marengo et al. (2023); IPCC (2007); IPCC (2013); IPCC (2014); IPCC (2021); IPCC (2023).

Na Tabela 3 observam-se os totais mensais referentes ao período, as classificações climáticas seguindo o modelo de Pinkayan (1966). Foram registrados 9 anos classificados como muito seco (MS); 1 ano como chuvoso (C); dois anos secos (S); 2 anos classificados com chuva entre a normalidade (N). Estas variabilidades estão em conformidades com os estudos de Marengo et al. (2011); Marengo et al. (2023); IPCC (2007); IPCC (2013); IPCC (2014); IPCC (2023).

Tabela 3: Classificação da precipitação, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras – Paraíba.

Anos	Dias com chuvas	Total período chuvoso	Classes	Anos	Dias com chuvas	Total período chuvoso	Classes
2010	31	1671,0	MS	2017	29	1171,1	MS
2011	36	686,6	MS	2018	25	560,7	MS
2012	22	1683,3	N	2019	33	625,3	MS
2013	32	643,1	MS	2020	45	614,1	N
2014	28	628,2	MS	2021	27	600,0	S
2015	24	722,8	MS	2022	56	450,0	C
2016	22	248,6	MS	2023	29	1126,0	S

Legenda MS = Muito seco; N = Normal; S = Seco; C = Chuvoso.

Fonte: Medeiros (2026).

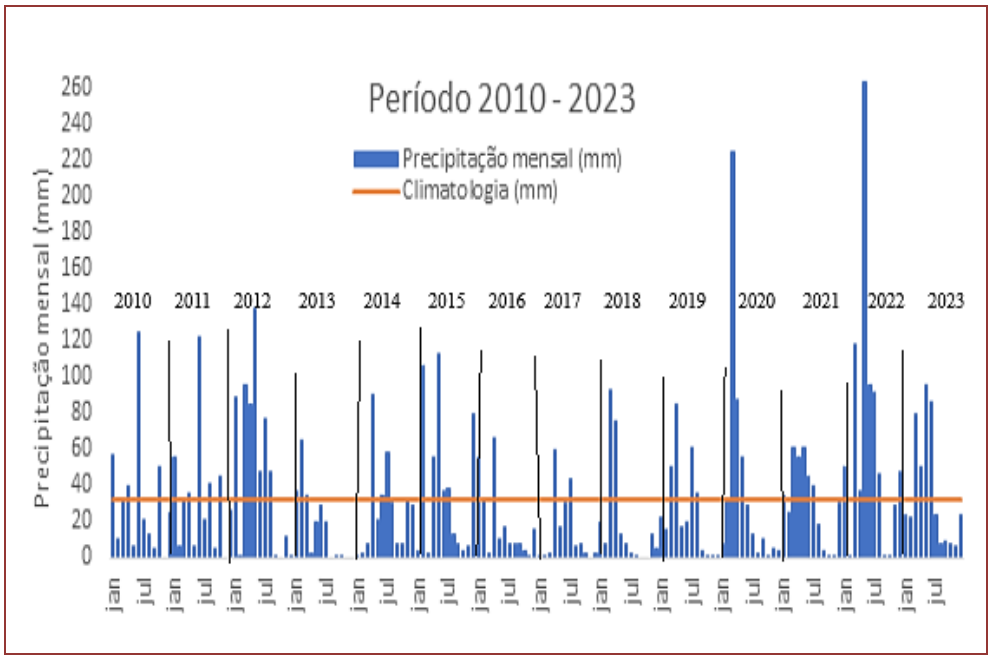
Na Figura 2, observam-se as representações pluviais mensais e anuais, a média climatológica do período de 2010 – 2023, no Povoado Ribeira de Cabaceira, Paraíba. Com alta flutuações pluviais e má distribuída inter meses e ano, o que corresponde as características das regiões semiáridas brasileira, (Cunha Filho et al, 2024).

Destaca-se a atenção para o ano de 2020 que entre março e junho choveu 84,4% do valor anual pluvial (470,7 mm). O ano de 2022, choveu 83,7% do valor anual pluvial, vejam também que os anos 2021 e 2023, registram valores bem acima dos esperados, estes valores foram ocasionados pelos movimentos verticais ascendentes, formação de nuvens superiores a 0,9 décimos, troca de calor, atividade da Zona de Convergência Intertropical e as contribuições locais e regionais que detectaram vapor e umidade sobre a região em estudo.

Santos Junior et al, (2023) destacam que dentre as diversas consequências já visíveis do aquecimento global no Brasil, pode-se observar as alterações na distribuição das chuvas na parte oeste da região Sul do país, enquanto na região litorânea do Nordeste e litoral Sul, percebe-se um aumento expressivo das chuvas

Os demais anos as distribuições pluviais ocasionaram, períodos de baixa precipitação, eventos extremos, como secas prolongadas e chuvas intensas, são influenciados por fenômenos climáticos globais, marcada tanto por anos excepcionalmente úmidos quanto por períodos de seca.

Figura 2: Distribuição mensal pluvial e sua climatologia entre 2010 – 2023, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras.

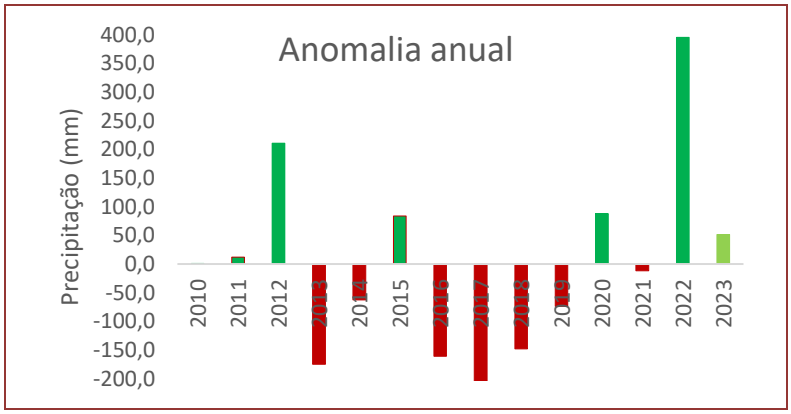


Fonte: Medeiros (2026).

As anomalias climáticas têm sido discutidas há décadas, em especial as que enfocam o comportamento da pluviometria e térmico (Andrade et al., 2020).

Na figura 3, tem-se a distribuição pluvial anomalia anual entre 2010 – 2023, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras. As anomalias positivas fluem de 10,2 mm (2011) a 400 mm (2022), totalizando seis anos. As anomalias negativas totaliza0 sete anos, fluindo de -190 mm (2017) a -8,5 mm (2021), resultados e discussões tem similaridade com o estudo de França et al, (2022).

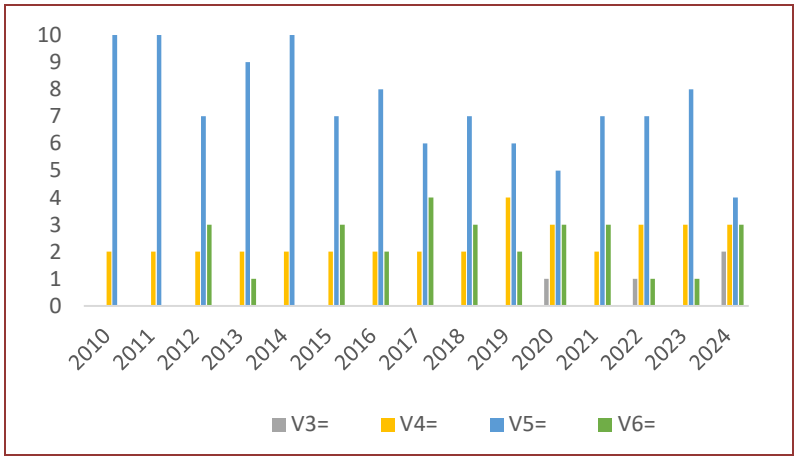
Figura 3: Distribuição pluvial anomalia anual entre 2010 – 2023, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras.



Fonte: Medeiros (2026).

As oscilações das flutuabilidades das ocorrências de veranicos, registraram a classe C_4 com a de maior predominância, seguidos das classes C_6; C_4 e C_3, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Distribuição das variações anuais das ocorrências de veranicos entre 2010 – 2023, para o Povoado Ribeira de Cabaceiras.



Fonte: Medeiros (2026).

CONCLUSÃO

A ocorrência de veranicos tende a se relacionar de maneira inversamente proporcional com a duração destes veranicos, ou seja, quanto mais veranicos ocorrerem em um determinado ano, menores eles serão, enquanto que se ocorrerem poucos veranicos em um determinado ano, estes terão períodos longos de duração.

Com base nos resultados conclui-se que a metodologia utilizada se mostrou eficiente, visto que identificou diversos eventos diferenciados inter anos e meses, o método trabalho possibilitou conhecer os anos (a)típicas as ocorrências do veranico.

A maior ocorrência de veranicos com 26 a 30 dias, registrou-se em todos os anos estudados, com maior significâncias, seguidos dos intervalos de 31 dias; de 21 a 24 e de 16 a 20 dias.

REFERÊNCIAS

[1] AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2025).

[2] ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Viena -AT, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

[3] ANDRADE, J.S; ALEIXO, N.C.R. Análise dos anos-padrão de chuvas em Manaus-AM. In.: Geografia Física e as mudanças Globais. Fortaleza: Editora UFC, 2020. https://imprensa.ufc.br/pt/geografia-fisica-e-as-mudancas-globais/.

[4] CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, M. A. A.; SOUSA, S. A. V.; CARVALHO, P. O. L. Estimativas de ocorrência de veranicos em Seropédica, Vassouras e Piraí (RJ), e suas influências no rendimento da cultura do feijão (Phaseolus Vulgaris L.). Ciência e Agrotecnologia, v.23, n.2, p.323-330, 1999.

[5] CARVALHO, D.F.; FARIA, R.A.; SOUSA, S.A.V.; BORGES, H.Q. 2000. Espacialização do período de Veranico para diferentes níveis de perda de produção na cultura do milho, na Bacia

[6] do Rio Verde Grande, MG. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v.4, n. 2, p. 172-176.

[7] CUNHA FILHO, M.; FRANÇA, M.V.; LAGES, M.G.M.O.; HOLAND, R.M.; MEDEIROS, R.M. Oscilações e variabilidades climáticas no Povoado Ribeira de Cabaceiras/Paraíba, 1ªEdição. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Editora Universitária. P.236. ISBN (físico) 978-85-7946-426-3; ISBN (digital) 978-85-7946-425-6.

[8] FIDELES FILHO, J.; RAO, T.V.R.; NOBREGA, J.Q. 1998. Probabilidade de ocorrência de veranicos no período chuvoso na região de Lagoa Seca. In: Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia - CD ROM. Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Meteorologia.

[10] FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; AGUIAR, O. J.; CAMPOS FILHO, I. S.; SOUSA, F. A. S. Veranicos em Amparo de São Francisco, Sergipe – Brasil. International Journal of Development Research. Vol. 12, Issue, 02, pp. 53859-53863, February, 2022.

[11] HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZETTI, S. Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira, UNESP / FEIS / Área de Hidráulica e Irrigação, 2003. 45p.

[12] KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate Science. Berlin: Walter de Gruyter, P.388. 1931.

[13] KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm. 1928.

[14] IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers). Cambridge.

[15] LOPART, M.; REBOITA, M.; COPPOLA, E.; GIORGI, F.; ROCHA, R.; SOUZA, D. (2018). Land use change over the Amazon Forest and Its Impact on the Local Climate. Water 10, doi: 10.3390/w10020149.

[16] IPCC. (2014). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

[17] Intergovernmental Panel On Climate Change Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 2014.

[18] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2021.

[19] MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L.M.; SOARES. W.R.; RODRIGUEZ, D.A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. Geophysical Research Letters, v. 38, p. 1-5, 2011.

[20] MEDEIROS, R.M. Estudo Agrometeorológico para o Estado da Paraíba, 2022.p.131.

[21] MENEZES, H. E. A.; MEDEIROS, R. M.; COSTA NETO, F. A.; MENEZES, H. E. A. Relação entre agricultura e veranico e suas contribuições meteorológicas em Matinhas – PB, Brasil. Revista Educação Agrícola Superior. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior -ABEAS - v.28, n.1, p.30-35, 2013. ISSN - 0101-756X - DOI: http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v28n01a05.

[22] MENEZES, H. E. A.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, J. L. G.; LIMA, T. S.; PIMENTA, T. A. Influência de veranico na produção agrícola no município de Santa Filomena, Piauí, Brasil. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. V.32, p.45-55, 2015.

[23] MENEZES, H.E.A.; BRITO, J.I.B.; SANTOS, C.A.C.; SILVA, L.L. 2010. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 2, p. 181–186.

[24] MENEZES, H.E.A.; BRITO, J.I.B.; SANTOS, C.A.C.; SILVA, L.L. 2008. A Relação entre a Temperatura da Superfície dos Oceanos Tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, n. 2, p. 152-161.

[26] PINKAYAN, S. Conditional probabilities of ocurrence of Rainy and Dry Years Over a Large Continental Area. Hidrology papers, 1966.

[27] ROLDÃO, A. F. (2015). Influência do fenômeno veranico na produtividade da soja na mesorregião do triângulo mineiro/Alto Parnaíba - MG. Dissertação de mestrado em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2015, 116p.

[28] SABOYA, L. M, F.; MEDEIROS, R.M. (2024). "cálculo, determinação e agrupamentos dos intervalos de veranicos em diferentes classes: 5 a 10 dias; 11 a 15 dias; 16 a 20 dias; 21 a 25 dias; 26 a 30 dias e 31 dias de duração". Planilha eletrônica, distribuição avulsa.

[29] SANTOS JÚNIOR, F.P.; SOUZA, T.P.; MENDES, L.A. (2023). "Análise de estacionariedade nas séries pluviométricas da Bacia Do Rio Preto, Bahia". In 7 Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. P.1-8

[30] SILVA, F.A.S.E.; RAO, T.V.R. 2002. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no Estado do Ceará. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 3, p. 440-446. SILVA, L.L.; COSTA, R.F.; CAMPOS, J.H.B.C.; DANTAS, R.T. 2009. Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. 4, p. 454-461.

[31] THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

[32] THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, N.J. Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, n. 1).

@editorapoisson

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

https://www.facebook.com/editorapoisson